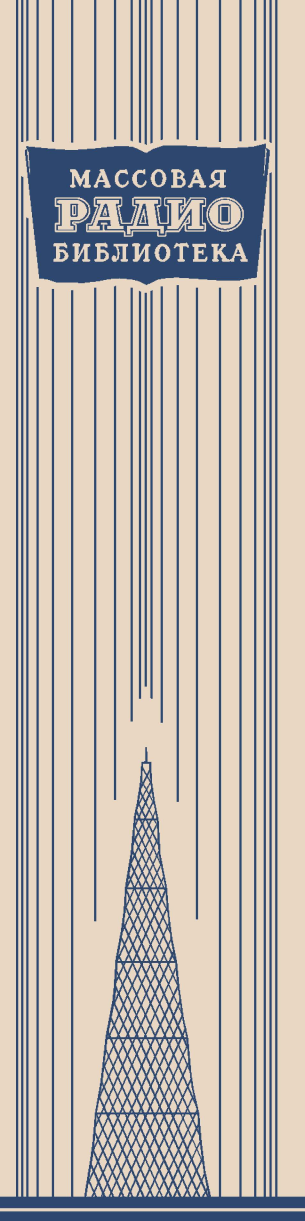


РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

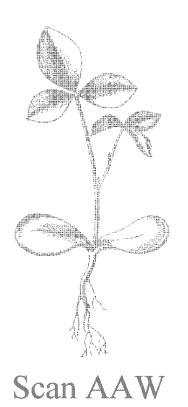
Выпуск 349

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Сборник работ Секции внедрения радиотехнических методов в народное хозяйство Ленинградского городского радиоклуба

Под общей редакцией
И. П. ЖЕРЕБЦОВА







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1959 ЛЕНИНГРАД

В сборнике помещены статьи авторов ряда радиоэлектронных приборов, разработанных для промышленности активистами секции внедрения радиотехнических методов в народное хозяйство Ленинградского городского радиоклуба. Все описанные приборы внедрены в народное хозяйство, представляют интерес для радиолюбителей и специалистов, занимающихся применением радиоэлектронных методов в различных областях науки и техники.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Ю. Д. Маноев, Дистанционный измеритель влажности древесины 4
Е. А. Шорников, Контрольный карманный электровлагомер ЛТАШ-58 13
Е. А. Шорников, Универсальный автоматический регулирующий и контрольный прибор на полупроводниках 16
В. В. Кольцов, Электронно-лучевой спектрометр (спектровизор) 23
Н. Э. Горевой, Проволочные тензометры, работающие без усилителя 40
Э. Э. Беркуль, Прибор для подсчета пороков пряжи 48
Н. Э. Горевой, Малогабаритная тензостанция 58

ПРЕДИСЛОВИЕ

Осенью 1952 г. Совет Ленинградского городского радиоклуба ДОСААФ организовал новую секцию радиолюбителей, стремящихся помочь предприятиям и учреждениям города в конструировании радиоэлектронных приборов, аппаратов и автоматических приспособлений, способствующих дальнейшему усовершенствованию и расширению производства, облегчению и оздоровлению условий труда.

Новая организация получила название Секции внедрения радиотехнических методов в народное хозяйство. Она объединила около 50 радиолюбителей города, включившихся в творческое содружество с работниками науки, техники и производства. Теперь это объединение радиолюбителей-новаторов пользуется известностью не только в Ленинграде, но и в ряде других городов.

Благодаря инициативе и настойчивости членов секции на предприятиях и в учреждениях страны внедрено более 200 приборов, аппаратов и приспособлений, сконструированных радиолюбителями. Несколько из них используются на бумажно-целлюлозном заводе имени Стефана Кираджиева в Народной Республике Болгарии.

Еще более ответственные задачи и большие перспективы встают перед секцией в свете исторических решений XXI съезда, требующих настойчиво внедрять новую технику в производство.

Предлагаемый вниманию читателей сборник — первая попытка популяризовать конструкции ленинградских радиолюбителей, работающих в области применения радиоэлектроники в народном хозяйстве.

Руководитель Секции внедрения радиотехнических методов в народное хозяйство Ленинградского городского радиоклуба Ю. МАНОЕВ

ДИСТАНЦИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. Д. Маноев

В процессе сушки древесины большое значение имеет контроль за ее влажностью, позволяющий доводить последнюю до необходимой величины. Определение количества влаги, содержащейся в древесине, производится либо непосредственно, либо путем взвешивания, либо электрическим методом.

Метод непосредственного определения влажности состоит в том, что измельченный образец древесины помещают в склянку с бензином второго сорта и подвергают нагреванию. Дистиллат через холодильник собирается в мензурку с делениями. Количество воды определяется непосредственным отсчетом. Этот метод, требуя относительно небольшого времени для анализа (от 0,5 до 1 *ч*), мало распространен вследствие своей сложности.

При весовом методе небольшой предварительно взвешенный образец древесины помещают в сушильный шкаф и высушивают при температуре $100 \pm 5°$ С до прекращения убыли в весе, что устанавливается повторным взвешиванием. Полученный таким путем постоянный вес принимают за вес абсолютно сухого образца. Разность между первоначальным весом и конечным дает вес испарившейся воды (содержанием в воде эфирных масел, муравьиной, уксусной и других кислот, количество которых невелико, обычно пренебрегают). Метод этот до сих пор широко распространен благодаря своей простоте, хотя и требует на высушивание образца до 10 *ч*, а иногда и более.

Электрический метод основан на влиянии влажности на электрическое сопротивление или диэлектрическую проницаемость древесины. В соответствии с этим различают два типа электрических приборов для определения влаж-

ности: электровлагомеры сопротивления и электровлагомеры емкости.

Этот метод, несмотря на сравнительную его неточность, которая вызывается неравномерностью распределения влаги в древесине и непостоянством электрических параметров различных пород дерева, представляет большой практический интерес, так как позволяет очень быстро определить влажность древесины без отрезания образцов.

Описываемый ниже прибор позволяет осуществлять непосредственно в сушильных камерах постоянный контроль за процессом сушки древесины методом измерения ее сопротивления.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 1. Основной узел измерителя влажности состоит из усилителя постоянного тока и электронного регистратора.

Усилитель постоянного тока работает на лампе $Л_1$. Постоянным напряжением питается цепь, состоящая из сопротивления R_5, контролируемой древесины и сопротивлений R_1 и R_2. Напряжение, получающееся на сопротивлении R_2, подается положительным полюсом на управляющую сетку лампы $Л_1$. Ограничительное сопротивление R_1 включено для предохранения лампы от попадания на ее сетку больших напряжений при случайном замыкании контрольной линии, идущей к древесине, или игл щупов.

Анодное напряжение лампы $Л_1$ и напряжение в контрольную линию подаются от однополупериодного селенового выпрямителя B_1. Выпрямленное напряжение стабилизировано стабилитронами $Л_3$ и $Л_4$. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения применен электролитический конденсатор C_5. Сопротивление R_{12} является ограничительным для стабилитронов, а также вместе с ними создает дополнительное сглаживание пульсаций.

Стабилизация напряжения накала лампы $Л_1$ осуществляется с помощью бареттера $Л_5$.

В качестве индикатора влажности используется микроамперметр μA магнитоэлектрической системы со шкалой на 200 *мка*. С добавочным сопротивлением R_7 он работает как вольтметр, измеряющий напряжение между ползунком переменного анодного сопротивления R_4 и землей (общим минусом). Применение чувствительного прибора с высокоомным добавочным сопротивлением вызвано стремлением свести к минимуму его влияние на режим работы усилителя.

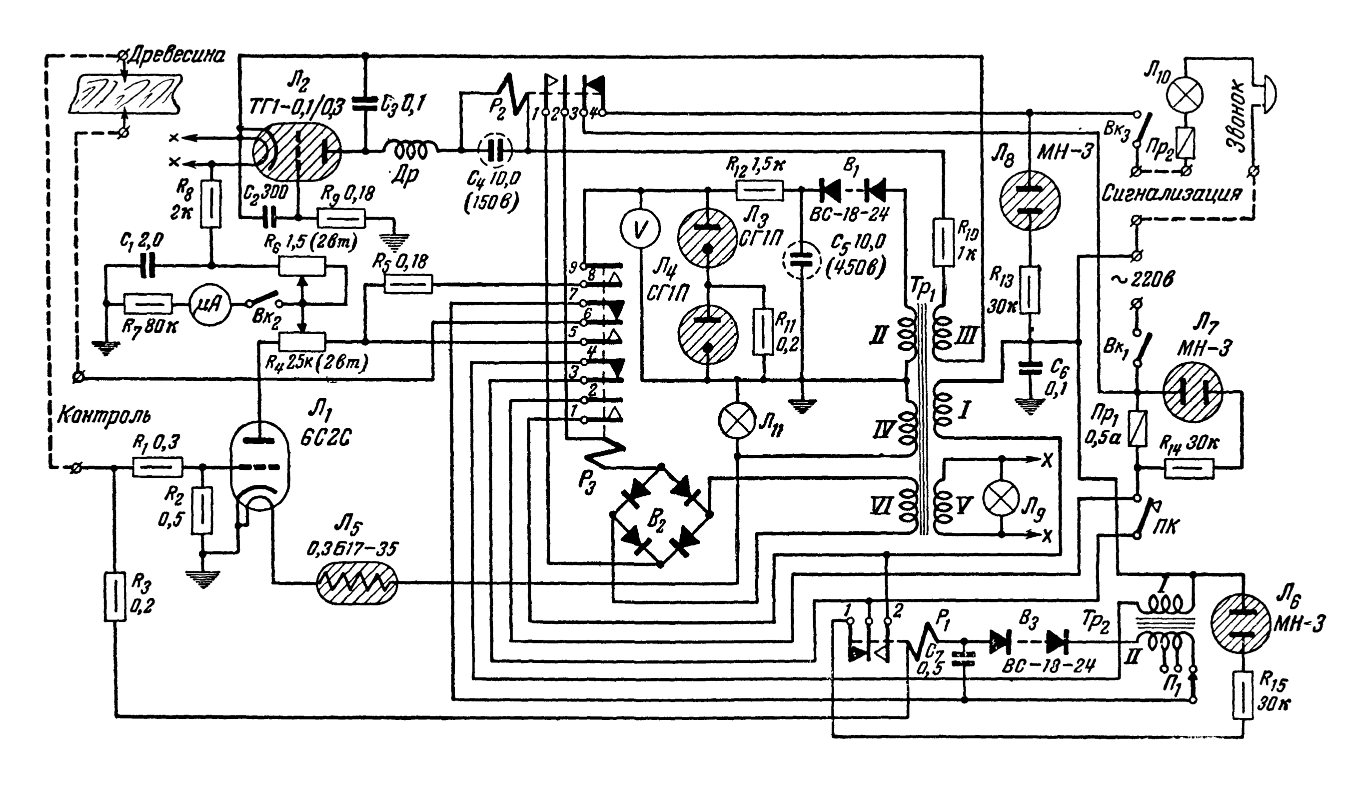


Рис. 1. Принципиальная схема дистанционного измерителя влажности.

Принцип измерения влажности заключается в том, что при увеличении сопротивления древесины в процессе ее высушивания уменьшается положительное напряжение на сетке лампы $Л_1$ и соответственно ток в анодной цепи этой лампы. Но тогда будет возрастать напряжение, измеряемое прибором μA, который может быть отградуирован непосредственно в процентах влажности древесины. Включение прибора (индикатора) вольтметром исключает случаи перегрузки его рамки.

Благодаря применению своеобразной следящей системы — электронного регистратора с тиратроном $Л_2$, осуществляющего контроль за сушкой древесины до задаваемых пределов влажности, имеется возможность включать индикатор лишь в случае необходимости с помощью выключателя $Вк_2$.

Электронный регистратор, работающий на тиратроне, предусматривает включение питания устройства на все время контроля за процессом сушки древесины соответственно тем или иным величинам влажности, контролируемым усилителем.

В цепь анода тиратрона, питающуюся переменным напряжением 70 *в*, включено реле P_2 типа РСМ-2, управляющее включением и выключением питания устройства и специальной светозвуковой сигнализацией в виде лампы $Л_{10}$ и звонка.

Во избежание вибрации контактов реле из-за питания его переменным током обмотка его шунтирована конденсатором C_4 относительной большой емкости, а для ограничения тока в цепи анода тиратрона введено дополнительное сопротивление R_{10}.

Фильтр, состоящий из высокочастотного дросселя *Др* и конденсатора C_3, служит для подавления высокочастотных помех, наводимых на анодные цепи тиратрона внешними электрическими полями.

Ограничительное сопротивление R_9 в цепи сетки тиратрона и блокировочный конденсатор C_2 предназначены для защиты «следящей системы» от посторонних импульсов (включение и выключение мощных электродвигателей, работа близко расположенных радиопередатчиков и т. п.).

Конденсатор C_2 предохраняет тиратрон от запирания в момент запуска устройства, когда лампа усилителя еще недостаточно прогрета и на нагрузочном сопротивлении R_4 падение напряжения невелико. Для расширения пределов регулировки порога срабатывания «следящей системы»

предусмотрено переменное сопротивление R_6, которым устанавливается запирающее напряжение на сетке тиратрона.

Второй элемент настройки — переменное сопротивление R_4, осуществляя незначительную регулировку напряжения, позволяет вносить поправки с учетом изменения электрических характеристик различных пород древесины.

Подводимое к аноду тиратрона переменное напряжение должно быть в фазе с переменным напряжением, подаваемым через сопротивление R_8 из цепи накала в сеточную цепь тиратрона.

Учитывая значительные расстояния между прибором и датчиками-щупами, помещенными в сушильные камеры, необходимо осуществлять контроль за обрывом линии и отключением щупов от исследуемого образца древесины. Такой контроль предусматривает релейная автоматика с сигнализацией неисправности и блокировкой, обусловливающей включение питания устройства только в случае исправности контрольной цепи и при заправленной в щупы древесине.

Контроль исправности линии осуществляется посредством поляризованного реле P_1 типа РП-7, питаемого от трансформатора Tp_2 через однополупериодный селеновый выпрямитель B_3. Отводы от обмотки *II* этого трансформатора дают возможность изменять напряжение в соответствии с начальной влажностью подлежащей сушке древесины. Сопротивление R_3 предохраняет обмотки поляризованного реле P_1 от последствий коротких замыканий в контрольной линии, идущей к древесине.

Контакты *5*, *6* и *7* рабочего реле P_3 осуществляют переключение цепей проверки исправности линии и контроля за влажностью древесины. В случае исправности контрольной цепи и заправленном в щупы образце древесины при нажиме пусковой кнопки *ПК* сработает поляризованное реле P_1, которое включит цепь обмотки *I* силового трансформатора Tp_1. Это реле предварительно настраивается на работу «с преобладанием», т. е. таким образом, чтобы при отсутствии тока через обмотку реле якорь находился у контакта *1*, а при токе в цепи реле перебрасывался к контакту *2*. При исправной контрольной цепи включается питание первичной обмотки силового трансформатора Tp_1, а при ее неисправности горит сигнальная лампа $Л_6$.

Если трансформатор Tp_1 включен, то на лампы $Л_1$ и $Л_2$ подается накал, о чем сигнализируют лампы $Л_9$ и $Л_{11}$. Од-

новременно должен дать показание вольтметр V в анодной цепи и должна светиться сигнальная лампа $Л_8$, включенная в цепь контактов *3* и *4* реле P_2.

Окончательный запуск устройства происходит после прогрева тиратрона при срабатывании реле P_2, контактами *1* и *2* которого включается обмотка рабочего реле P_3. При этом выключение сигнальной лампы $Л_8$ указывает на исправность тиратрона. После этого пусковая кнопка *ПК* может быть отпущена, и показания индикатора влажности μA укажут относительную величину влажности древесины.

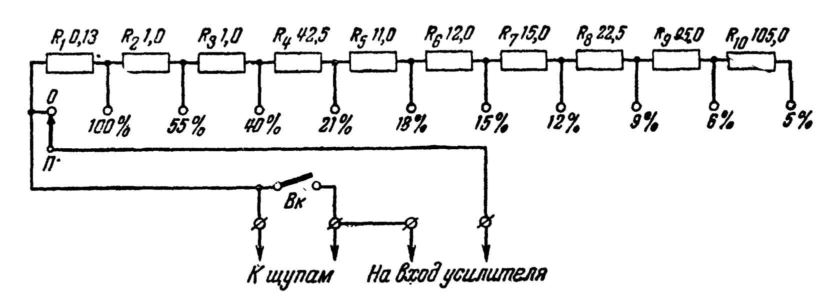


Рис. 2. Принципиальная схема магазина эталонных сопротивлений.

В процессе сушки древесины напряжение на сетке тиратрона возрастает и приводит к его запиранию, что в свою очередь ведет к выключению питания устройства и включению звуко-световой сигнализации, указывающей окончание сушки. Цепь этой сигнализации должна быть включена заблаговременно с помощью выключателя $Вк_3$.

Сигнальная лампа $Л_7$ сигнализирует о сгорании предохранителя $Пр_1$.

Для настройки и проверки точности срабатывания устройства на задаваемых пределах влажности на зажимы «контроль» включается магазин эталонных сопротивлений, принципиальная схема которого изображена на рис. 2.

Конструкция и монтаж. Общий вид прибора и монтаж на шасси показаны на рис. 3 и 4. Устройство смонтировано на угловом шасси из алюминия толщиной 2,5 *мм*. Передняя лицевая панель окрашена серой нитроэмалью.

На передней панели сверху расположены вольтметр анодного напряжения, общий выключатель $Вк_1$, выключатель индикатора влажности $Вк_2$ и микроамперметр (индикатор влажности). Под вольтметром находятся колодка питания и гнездо предохранителя. Далее в ряд следуют пус-

ковая кнопка, лампа $Л_7$, сигнальные лампы $Л_9$ и $Л_{11}$ («Накал 1-й» и «Накал 2-й») и сигнальная лампа $Л_8$ («Прогрев тиратрона»). Под ними внизу расположены ручка потенциометра R_4 для установки поправок на породу древесины, ручка переменного сопротивления R_6 для установки предела влажности древесины и сигнальная лампа $Л_6$ — указатель неисправности контрольной линии.

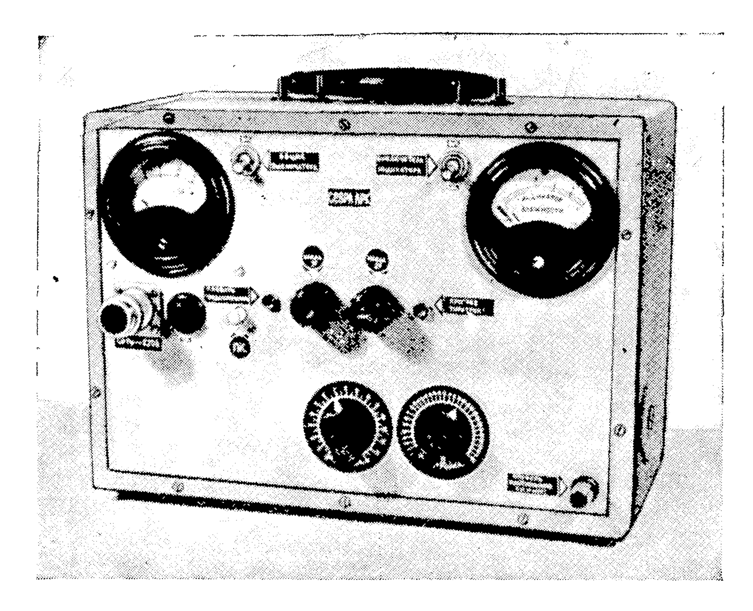


Рис. 3. Внешний вид дистанционного измерителя влажности.

Весь монтаж устройства выполнен в виде трех отдельных блоков, крепящихся к передней панели. Первый блок содержит усилитель постоянного тока, стабилитроны, бареттер и электронный регистратор с управляющим реле, второй блок — устройство релейной автоматики, третий блок — питающее устройство.

Трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-30, толщина набора 60 *мм*. Обмотка *I* состоит из 770 витков провода ПЭЛ 0,25, обмотка *II*—из 1 320 витков ПЭШО 0,08, обмотка *III* — из 245 витков ПЭЛ 0,12, обмотка *IV* — из 128 витков ПЭЛ 0,35, обмотка *V*—из 22 витков ПЭЛ 0,6 и обмотка *VI* — из 91 витка ПЭЛ 0,25.

Рис. 4. Расположение деталей на шасси дистанционного измерителя влажности.

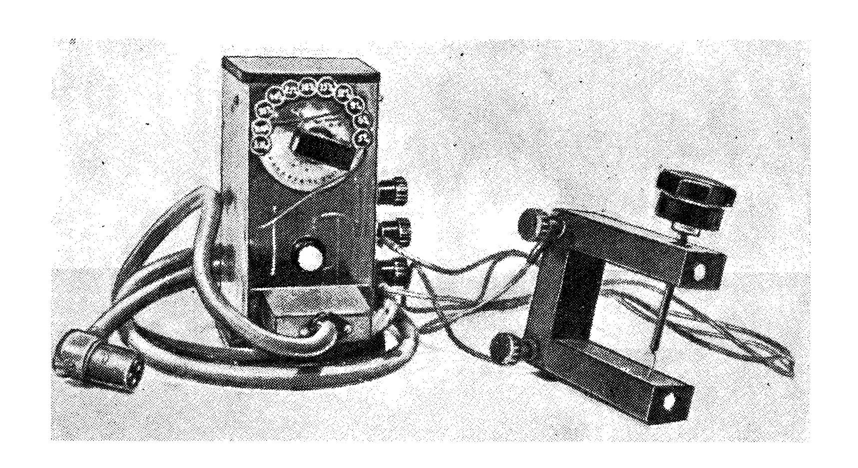


Рис. 5. Магазин эталонных сопротивлений и датчик.

Трансформатор Tp_2 собран на сердечнике из пластин Ш-18, толщина набора 25 *мм*. Обмотка *I* состоит из 2 200 витков провода ПЭШО 0,06, а обмотка *II* — из 2 300+220+220 витков ПЭШО 0,06.

Внешний вид магазина эталонных сопротивлений и датчика-щупа изображен на рис. 5. Магазин сопротивлений смонтирован в коробке, выполненной из листового органического стекла толщиной 3 *мм*. На переднюю часть коробки выведены ручка переключателя пределов влажности

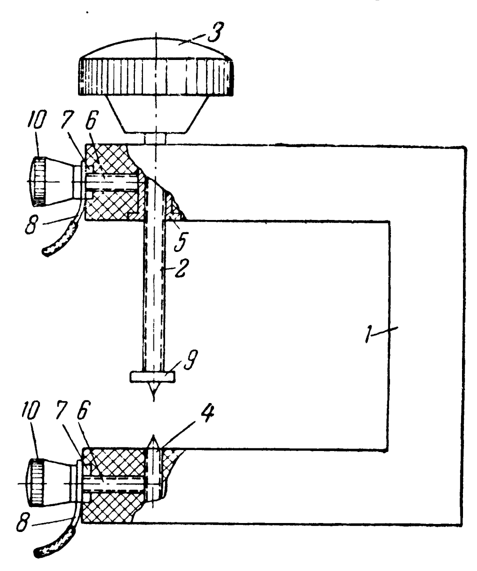


Рис. 6. Чертеж датчика.

древесины и выключатель, позволяющий имитировать процессы сушки или включать контрольную линию со щупами.

С помощью магазина сопротивлений достигается установка относительных величин пределов влажности, равных 21, 18,15, 12, 9 и 6%. Величины 100, 55 и 40%, соответствующие относительной влажности свежей древесины, введены для проверки срабатывания автоматики контроля линии и для запуска устройства без древесины. Величина 5% введена как предел чувствительности устройства.

Датчик-щуп (рис. 6) представляет собой струбцину *1* с подвижным и неподвижным электродами, выполненными в виде игл. Зажим образца в датчике осуществляется посредством введения подвижной иглы *2* в древесину, для че-

го она имеет резьбу и снабжена рукояткой *3*. Это обеспечивает легкое и надежное погружение игл в древесину и надежность контакта между ними.

Конструкция датчика позволяет производить измерения влажности деловой древесины толщиной от 15 до 40 *мм* и выполняется на общей раме из гетинакса или текстолита толщиной 20 *мм*. Нижняя заостренная игла *4* устанавливается неподвижно контактным винтом *6* с контргайкой *7*. Верхний заостренный щуп *2* с ручкой *3*, имея винтовую нарезку, свободно поворачивается во втулке *5*. Последняя закрепляется в раме посредством контактного винта *6*, который фиксируется гайкой аналогично креплению нижней иглы. Упорная шайба *9* ограничивает проникновение иглы в древесину. На верхний и нижний контактные винты *6* надеваются полюсные наконечники *8*, крепящиеся гайками *10*.

Глубина погружения каждой иглы равна 2,5 *мм* при измерении влажности деловой древесины толщиной от 15 до 40 *мм*, предназначаемой в основном для паркетных изделий. При измерении влажности деловой древесины толщиной до 50—85 *мм* необходимо сделать струбцину бо́льшего размера и погружать каждую иглу на глубину до 5 *мм*.

Описанный прибор экспонировался на 13-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов.

КОНТРОЛЬНЫЙ КАРМАННЫЙ ЭЛЕКТРОВЛАГОМЕР ЛТАШ-58

Е. А. Шорников

Электровлагомер ЛТАШ-58 предназначен для измерения влажности древесины, подвергавшейся сушке, и применим в деревообрабатывающей промышленности, в строительстве и других отраслях народного хозяйства. Работа прибора основана на изменении сопротивления древесины постоянному току в зависимости от влажности по логарифмическому закону. Шкала гальванометра прибора градуирована в пределах от 8 до 30% влажности по сосне; влажность других пород древесины определяется по переводной таблице, наклеенной на корпус электровлагомера. Питание осуществляется от внутренних источников в виде сухих батарей. По существу прибор является электронным мегомметром и поэтому может быть применен для различных других случаев измерений больших сопротивлений.

Схема, конструкция и питание прибора. Прибор представляет собой усилитель постоянного тока (рис. 1) и работает на лампе 0,6П2Б, включенной триодом. В ее анодной цепи имеется микроамперметр μА на 100 *мка* для отсчета измеряемой величины влажности. Сопротивление R_2 создает отрицательное смещение на сетке лампы для установки стрелки микроамперметра около нулевого положения при замкнутом датчике. Реостат R_3 служит для установки стрелки микроамперметра на правый край шкалы при разомкнутом датчике, что соответствует влажности менее 8%, т. е. бесконечно большому сопротивлению входа. Сопротивление R_1 вместе с сопротивлением измеряемой древесины составляет делитель, благодаря чему на сетке лампы в зависимости от влажности древесины получается различное отрицательное напряжение, влияющее на величину анодного тока лампы.

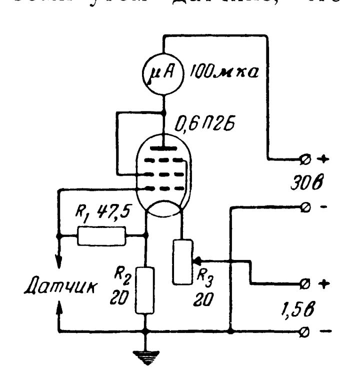


Рис. 1. Принципиальная схема контрольного карманного электровлагомера.

Конструктивно прибор выполнен в металлическом футляре от карманного фонаря размерами 110 × 65 × 30 *мм* (рис. 2). На крышке футляра укреплен микроамперметр с диаметром 40 *мм*. Внутри помещаются источники питания: один элемент от батареи карманного фонаря для питания накала лампы и анодная батарея напряжением 30 *в*. Элемент для накала необходимо менять через каждые 10 *ч* работы. Так как прибор включается на короткое время, то одного элемента хватает примерно на месяц; анодная батарея может работать 120 *ч* и требует замены один раз в год.

Включение накала производится кнопкой. Для установки нуля служит реостат R_3, которым приходится изредка пользоваться по мере истощения батарей. Ось реостата выведена наружу. Источники питания вставляются к специальным контактам и поджимаются пружинами. Датчик представляет собой карболитовую штепсельную вилку, укрепленную на корпусе электровлагомера, в которую вместо штырьков ввинчены стальные конусные иглы длиной 5 *мм*. Такая конструкция исключает влияние рук оператора на показания прибора при эксплуатации.

Налаживание и градуировка прибора. Пределы и характер шкалы электровлагомера зависят от величин сопротивлений R_1 и R_2, которые в зависимости от нужных условий подбираются. Сопротивление R_1 взято в 47,5 *Мом*, а сопротивление R_2 (ориентировочно 20 *ом*) подбирается следующим образом. Если замкнуть накоротко датчик (нуль сопротивления), то стрелка микроамперметра должна быть

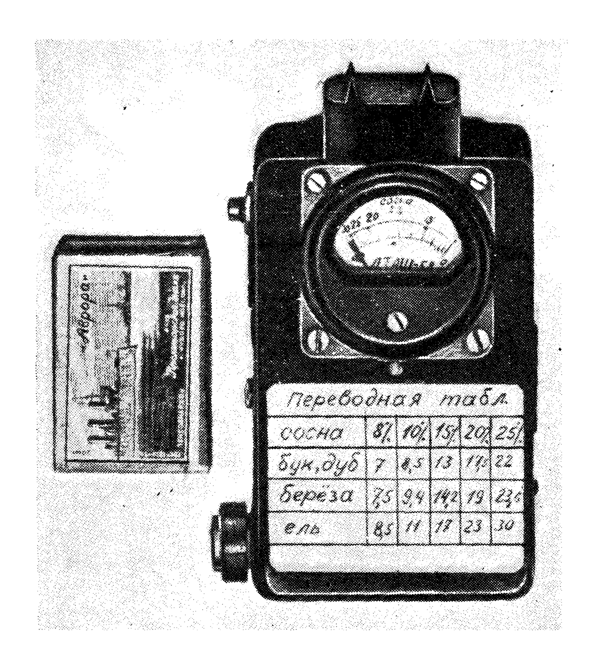


Рис. 2. Внешний вид электровлагомера.

возможно ближе к нулевому положению. При включении сопротивления 5—6 *Мом* она должна отклоняться от первого положения примерно на $^1/_4$ шкалы, а при разомкнутом датчике — на всю шкалу.

Прибор градуируется по эталонным сопротивлениям, соответствующим определенной влажности древесины сосны (см. таблицу).

В случае невозможности воспользоваться эталонными сопротивлениями точная градуировка производится по образцам древесины сосны при контроле влажности весовым способом.

Сопротивление, *Мом*	Влажность сосны, %	Сопротивление, *Мом*	Влажность сосны, %	Сопротивление, *Мом*	Влажность сосны, %	Сопротивление, *Мом*	Влажность сосны, %
4 000	10	100	15	4	21	2	25
900	12	16	18	3	23	0	30

Предварительная градуировка производится ориентировочно по таблице, которая составлена для датчика с иглами длиной 5 *мм* при расстоянии 19 *мм* между центрами их; для других датчиков сопротивления будут иной величины. Это условие является необходимым для точных измерений настоящим влагомером.

Шкала прибора сжата в начале и конце. Меняя величину сопротивлений R_1 и R_2, можно изменить пределы измерения в ту или иную сторону, а также растягивать наиболее нужный участок шкалы.

Перед применением влагомера необходимо включить питание и при разомкнутом датчике ручкой сопротивления R_3 установить стрелку прибора на конечное деление шкалы (нуль влажности).

При монтаже прибора необходимо соблюдать условие хорошей изоляции в цепи сетки лампы и монтировать эту цепь короткими проводами в хлорвиниловых трубках.

В конструкции «карманного» прибора использовались малогабаритный микроамперметр и реостат R_3. Увеличив размеры корпуса, можно использовать микроамперметр М-598 с диаметром корпуса 60 *мм* и другой реостат, а также применить вместо анодной батареи ГБЧ-СА-30 одну секцию от батареи радиоприемника «Дорожный», либо батарею ГБ-СА-50.

Электровлагомер экспонировался на 15-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕГУЛИРУЮЩИЙ И КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИБОР НА ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Е. А. Шорников

Назначение прибора. Автоматизация многих производственных процессов в различных отраслях промышленности требует применения электронных авторегулирующих прибо-

ров для автоматического поддержания заданных температуры, влажности и других неэлектрических параметров.

Выпускаемые промышленностью ламповые авторегулирующие приборы температуры относительно сложны по устройству и обслуживанию. В ряде случаев использование их является экономически невыгодным. Кроме того, они снабжены датчиками с медными термосопротивлениями, очень неудобными в эксплуатации по сравнению с полупроводниковыми термосопротивлениями.

Ниже описывается простой по схеме, удобный в эксплуатации, экономичный автоматический регулирующий и контрольный прибор с использованием полупроводниковых сопротивлений, диодов и триодов.

Прибор служит для автоматического поддержания заданных температуры и влажности газовой среды в лесосушильных камерах. Он имеет диапазон регулирования по температуре от 40 до 120° С и чувствительность срабатывания около 1° С.

Однако возможно выполнение прибора с другим диапазоном регулируемых температур и использование в качестве датчиков различных полупроводниковых и металлических термосопротивлений. Кроме того, возможно применение фотосопротивлений на входе прибора для авторегулирования и сигнализации по другим неэлектрическим величинам.

При помощи авторегулирующего прибора для температуры или влажности можно также измерять температуру или влажность среды, т. е. прибор может работать как дистанционный термометр или психрометр.

Устройство и работа прибора. Авторегулирующий прибор является дистанционным устройством и имеет следующие основные элементы:

1. Датчик — полупроводниковое термосопротивление типа ММТ-4 на 1,2 *ком*, помещенное в камеру с регулируемой средой и соединенное с прибором двухпроводной линией, длина которой может быть до 500 *м*.

2. Задатчик регулируемой величины, включенный в сбалансированный при определенных условиях мост сопротивлений. В диагональ этого моста включен усилитель постоянного тока на полупроводниковых триодах. Шкала переменного сопротивления задатчика имеет градуировку от 40 до 120° С.

3. Электромагнитное реле типа РСМ-3, включенное на выход усилителя. Реле включает и выключает исполни-



тельные механизмы системы регулирования и сигнальные цепи. Задатчик с усилителем и реле смонтированы в одном корпусе.

Прибор работает следующим образом. Если температура в камере меньше заданной по шкале задатчика, то в диагонали моста сопротивлений, одним из плеч которого является датчик, а также на входе усилителя будет положительное напряжение, вследствие чего на выходе усилителя сработает реле. Реле включает исполнительный механизм подачи нагревающего агента в камеру, и температура среды повышается. Сигнальная лампа при этом не горит.

Если температура в камере превысит заданное значение, то в диагонали моста сопротивлений, а также на входе усилителя будет отрицательное напряжение. Реле выключает исполнительный механизм, поступление нагревающего агента в камеру прекращается и температура среды понижается. При этом сигнальная лампа загорается и горит до тех пор, пока температура не снизится до заданной величины.

Для определения температуры поворачивают ручку переменного сопротивления задатчика. То деление шкалы, на которое укажет стрелка ручки в момент, когда сигнальная лампа загорится либо потухнет (перейдет из одного состояния в другое), покажет температуру среды.

Схема, детали и конструкция прибора. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 1. Задатчик прибора (переменное сопротивление R_1) включен в мост сопротивлений, два плеча моста составляют постоянные сопротивления R_3 и R_4, третьим плечом является датчик (термосопротивление), а в четвертое входят постоянное сопротивление R_8 и полупеременное R_2. Величины сопротивлений моста подобраны таким образом, что мост сбалансирован при температуре датчика, которая равна заданной задатчиком R_1.

Питание моста производится от выпрямителя с германиевыми диодами ДГ-Ц8 и конденсатором C_1, подключенными к обмотке *III* на 6,3 *в* общего силового трансформатора *Тр*.

В диагональ моста включен трехкаскадный усилитель постоянного тока, работающий на триодах П1А, П2Б и П3А. Сопротивление R_5 в цепи эмиттера служит для ограничения тока входной цепи усилителя при большом разбалансе моста, что может случиться при замыкании или разрыве линии, подсоединяющей датчик к прибору. Сопротив-

ления R_6 и R_7 в цепях коллекторов триодов П1А и П2Б также предотвращают повышение токов в этих цепях сверх допустимого значения. В цепь коллектора выходного триода П3А включено электромагнитное реле типа РСМ-3.

Питание усилителя производится от обмотки *II* на 6,3 *в* общего силового трансформатора через выпрямитель с диодами ДГ-Ц22 и конденсатором C_2.

Если на входе усилителя напряжение отрицательное или равно нулю, то через реле течет малый ток и оно нахо-

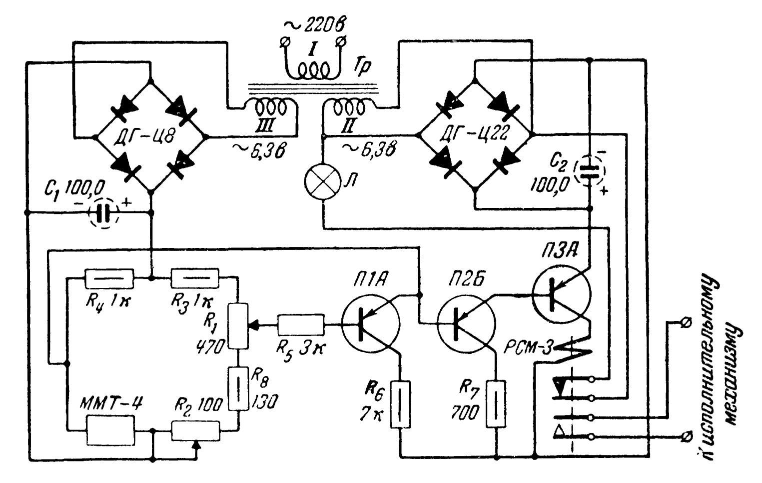


Рис. 1. Принципиальная схема авторегулирующего и контрольного прибора.

дится в исходном положении. Когда при разбалансе моста на вход усилителя подается положительное напряжение и ток эмиттера триода П1А достигает значения 15 *мка,* ток через обмотку реле достигает значения 65 *ма* и реле сработает.

Данные сопротивлений и конденсаторов указаны на схеме. Переменное сопротивление для задатчика взято типа СП-1. К его ручке прикреплена указательная стрелка. Все постоянные сопротивления рассчитаны на мощность 0,5 *вт,* а электролитические конденсаторы — на 10 *в.*

Питание прибора производится от сети переменного тока с напряжением 220 *в.* Силовой трансформатор *Тр* имеет сердечник толщиной 17 *мм* из пластин Ш-12. Сетевая обмотка *I* состоит из 5 500 витков провода ПЭЛ 0,13, обмот-

ка *II* — из 170 витков ПЭЛ 0,5 и обмотка *III* — из 170 витков ПЭЛ 0,1. Можно также использовать трансформаторы от маломощных радиоприемников («Москвич» и т. п.).

Реле РСМ-3 имеет сопротивление обмотки 120 *ом*. Возможно применить и другие реле с током срабатывания до 60 *ма* при напряжении до 6 *в*. Сигнальная лампа *Л* рассчитана на 6,3 *в* и 0,28 *а*.

Конструктивно весь прибор смонтирован на угловом шасси размерами 80×140×100 *мм* (рис. 2 и 3). На перед-

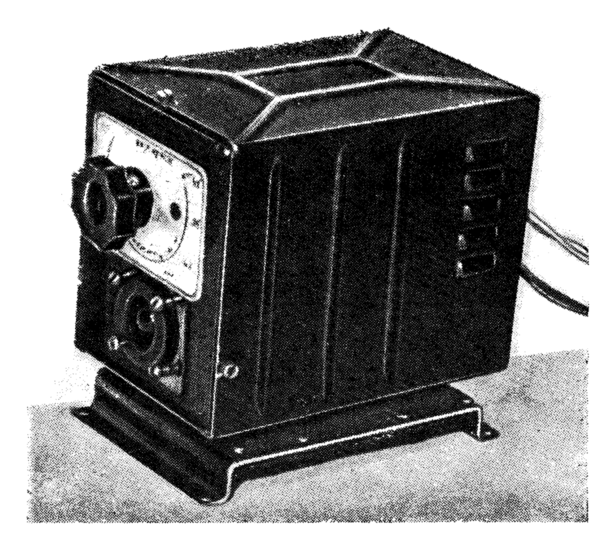


Рис. 2. Внешний вид авторегулирующего и контрольного прибора.

ней стенке установлены переменное сопротивление R_1 задатчика со шкалой от 40 до 120° С и сигнальная лампа. Остальные детали установлены на горизонтальной панели. Триоды и другие детали монтажа укреплены на текстолитовых монтажных колодках.

Для подключения к питающей сети выведен отдельный шнур. Провода, идущие к датчику и от контактов реле к исполнительному механизму, оканчиваются цоколем от радиолампы, а на корпусе прибора укреплена ламповая панелька. Все провода выведены наружу через заднюю стенку футляра.

Налаживание и градуирование прибора. Налаживание прибора несложно и производится отдельно для усилителя и моста. Правильно смонтированный усилитель со свободным входом характеризуется током коллектора у триода П1А не свыше 20 *мка*, у П2Б — не свыше 0,5 *ма* и у П3А — не свыше 5 *ма*. Измерения надо производить, начиная с первого каскада. Если у какого-либо триода ток превысит указанное значение, то следует триод заменить.

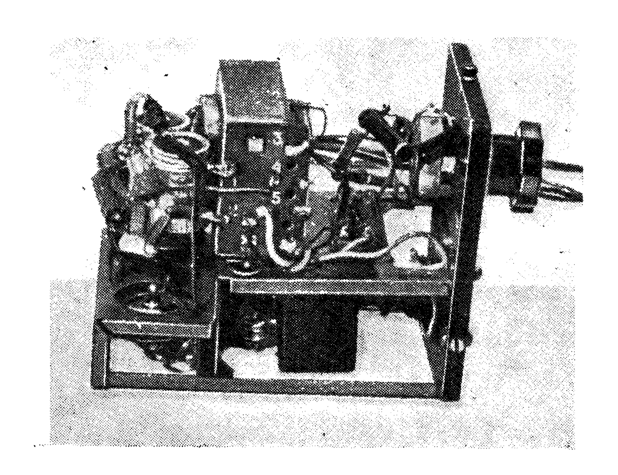


Рис. 3. Расположение деталей на шасси авторегулирующего и контрольного прибора.

Когда усилитель при свободном входе будет налажен, нужно между эмиттером и основанием триода П1А включить через сопротивление 0,1 *Мом* один сухой элемент на 1,5 *в* «плюсом» на эмиттер. Ток в этой цепи будет 15 *мка*. При токе на входе усилителя 15 *мка* реле на выходе усилителя должно сработать. В противном случае проверяются цепи коллекторов триодов, начиная с первого. Ток коллектора у П1А должен быть около 300 *мка*, у П2Б — около 6 *ма* и у П3А — около 65 *ма*. Если у какого-либо триода ток будет меньше, то следует этот триод заменить.

После налаживания усилителя производится налаживание моста. Датчик (термосопротивление ММТ-4 на 1,2 *ком*) при крайних температурах диапазона 40 и 120° С имеет сопротивление соответственно 700 и 130 *ом*. Поэтому, включив вместо датчика сопротивление в 130 *ом* при крайнем

нижнем положении движка переменного сопротивления R_1, полупеременным сопротивлением R_2 добиваются такого положения, чтобы прибор сработал на этом крайнем делении шкалы. Если такого положения нельзя добиться изменением сопротивления R_2 и прибор срабатывает на другом положении движка переменного сопротивления R_1, то подгонка производится заменой постоянного сопротивления R_3.

Затем подгоняется нижний участок шкалы. При включении вместо датчика сопротивления в 700 *ом* прибор должен срабатывать около другого крайнего положения движка переменного сопротивления R_1. В противном случае несколько изменяют величины постоянных сопротивлений R_3 и R_4. Процесс наладки конца шкалы в таком случае следует повторить. После предварительной наладки моста можно приступить к точной градуировке шкалы переменного сопротивления R_1. Градуировку следует производить с тем датчиком, с которым прибор будет находиться в эксплуатации.

Для точной градуировки шкалы прибора датчик помещается в термостат, а если его нет, то можно использовать лабораторный сушильный шкаф с биметаллическим авторегулятором температуры. Контроль производится по ртутному термометру. Прибор перед градуировкой включают на прогрев примерно в течение 1 *ч*. Когда в термостате установится температура, равная высшей температуре диапазона, поворотом ручки переменного сопротивления задатчика находят положение, при котором срабатывает реле прибора, а против стрелки на шкале наносится риска и ставится цифра, означающая число градусов по шкале Цельсия. После этого в термостате устанавливается температура на 1° С меньше, и процесс градуировки продолжают до тех пор, пока не будет пройден весь нужный диапазон температур. При пользовании сушильным шкафом для градуировки можно отмечать рисками положения стрелки переменного сопротивления задатчика через каждые 5° С, а затем промежутки делить на равные пять частей.

Точность работы прибора зависит от правильности градуировки, и поэтому необходимо ее провести тщательно. В случае необходимости заменить датчик таким же однотипным должно быть соблюдено приблизительное равенство их сопротивлений при 20° С (отклонение допустимо до 3%). После подгонки шкалы по высшей температуре диапазона с помощью полупеременного сопротивления R_2 и остальная часть шкалы будет соответствовать показаниям нового дат-

чика. Если же расхождение величин сопротивлений датчиков при 20° С более значительно, то для подгонки шкалы необходимо несколько изменить величину постоянного сопротивления соседнего плеча моста.

В заключение следует отметить, что колебания напряжения сети на ±10% не сказываются на точности работы авторегулирующего прибора, что является большим его преимуществом.

Другие применения прибора. В качестве датчиков с прибором можно применить термопары, включенные по типовым схемам для авторегулирования температуры, а также различные фотосопротивления. Схема подключения полупроводникового фотосопротивления ФСК-1 показана на рис. 4. Реле срабатывает при освещении ФСК-1 сильным дневным светом.

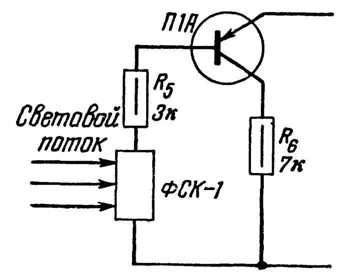


Рис. 4. Схема включения фотосопротивления в авторегулирующий прибор.

Если вместо реле включить шаговый искатель ШИ-1/24 с сопротивлением обмотки 130 *ом*, то при подсоединении к диску искателя счетчика последний будет регистрировать число прекращений освещения фотосопротивления. Это можно использовать для подсчета деталей на конвейере, а также в других случаях диспетчерского контроля и автоматизации производственных процессов на промышленных предприятиях.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СПЕКТРОМЕТР (СПЕКТРОВИЗОР)

В. В. Кольцов

В настоящее время в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и во многих отраслях науки и техники широко применяется спектральный анализ. Для этого используются те или иные приборы в зависимости от требований, предъявляемых к спектральным исследованиям. Простейшим является визуальный спектрофотометр, в котором выделение требуемого участка спектра производится при помощи светофильтров, а для его количественной оценки

служит глаз наблюдателя. В более точных приборах для разложения исследуемого светового потока в спектр используются призмы или дифракционные решетки, а для количественных измерений светового потока служит фотопластинка или, что значительно лучше, фотоэлектрический приемник лучистой энергии со стрелочным индикатором. Время, затрачиваемое на спектральные измерения с электронными приборами, обычно значительно меньше, чем при использовании для этих целей прибора с фотографической пластинкой в качестве приемника лучистой энергии.

Сравнительно недавно были разработаны спектральные приборы, имеющие в качестве индикатора электронно-лучевую трубку. Они дают возможность сразу наблюдать на экране спектральные кривые исследуемого объекта. Это позволяет в ряде случаев значительно ускорить и упростить проведение самого анализа и тем самым еще шире внедрить такой высокоэффективный метод контроля и исследования в народное хозяйство. В описываемом приборе на экране электронно-лучевой трубки получается устойчивое изображение кривой, выражающей зависимость между световым потоком и длиной волны излучения. Поэтому прибор получил в обиходе название спектровизора.

Принцип действия спектровизора состоит в следующем. Попадающий через входную щель прибора световой поток разлагается в спектр призмой. При помощи колеблющегося зеркала спектр перемещается по выходной щели, за которой расположен фотоэлектронный умножитель. Напряжение питания электромагнита, приводящего в колебательное движение зеркало развертки спектра, после усиления подается на горизонтальные отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки, а напряжение с сопротивления анодной нагрузки фотоэлектронного умножителя после усиления подается на вертикальные отклоняющие пластины. Следовательно, луч на экране трубки управляется одновременно напряжением, приводящим в движение зеркало развертки спектра, и напряжением, пропорциональным световому потоку, попадающему на фотоэлектронный умножитель через выходную щель. Поэтому на экране получается кривая, выражающая в прямоугольной системе координат зависимость светового потока от соответствующих длин волн спектра.

Частота повторений изображения спектральной кривой на экране зависит от частоты переменного напряжения, питающего электровибратор с укрепленным на нем зеркалом

развертки спектра. В данном приборе, который является усовершенствованным вариантом спектровизора, описанного в журнале «Радио» № 6 за 1958 г., эта частота составляет 50 *гц,* и поэтому глаз наблюдателя не замечает мельканий на экране. Прибор перекрывает область спектра с длинами волн от 400 до 1 000 *ммк* при использовании в качестве приемника лучистой энергии фотоэлектронного умножителя ФЭУ-22 с кислородно-цезиевым фотокатодом. Общий вид спектровизора показан на рис. 1.

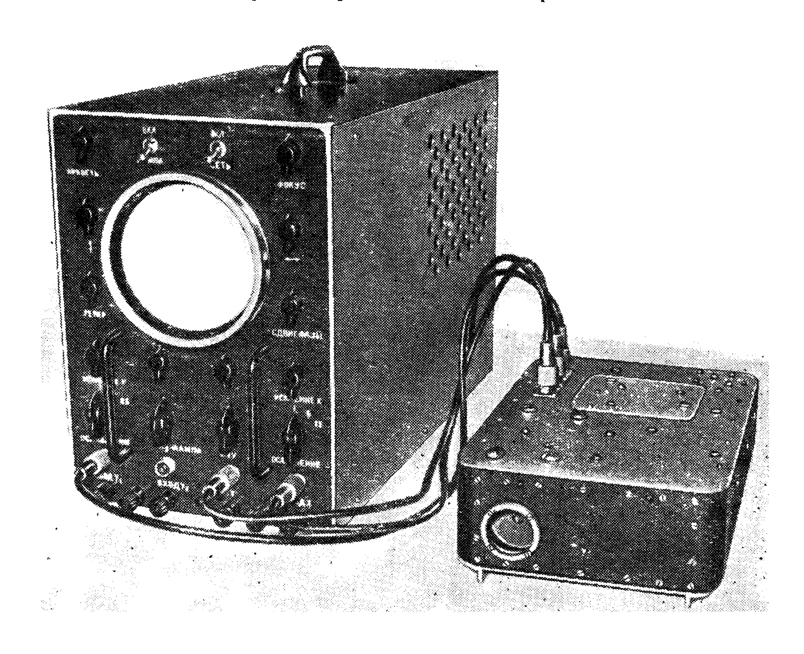


Рис. 1. Внешний вид электронно-лучевого спектрометра

Схема. По выполняемым функциям схема прибора может быть разделена на две части: оптическую и электронную.

Схема оптической части приведена на рис. 2. Основной задачей оптической части является разложение исследуемого светового потока по длинам волн и осуществление развертки спектра. Эта часть спектровизора напоминает оптические схемы обычных спектральных приборов, но ее существенным отличием является дополнительное устройство, обеспечивающее быстрое перемещение спектра относительно выходной щели. Если имеется возможность использо-

вать готовый фабричный спектрограф или монохроматор, то это значительно облегчит постройку спектровизора. В этом случае придется только изготовить и установить зеркало развертки спектра с наружным серебрением или алюминированием, которое укрепляется на электровибраторе, и изготовить устройство для перекрывания светового потока на время обратного хода зеркала.

Исследуемый световой поток попадает через входную щель *1* на объектив *2*, который преобразует расходящийся

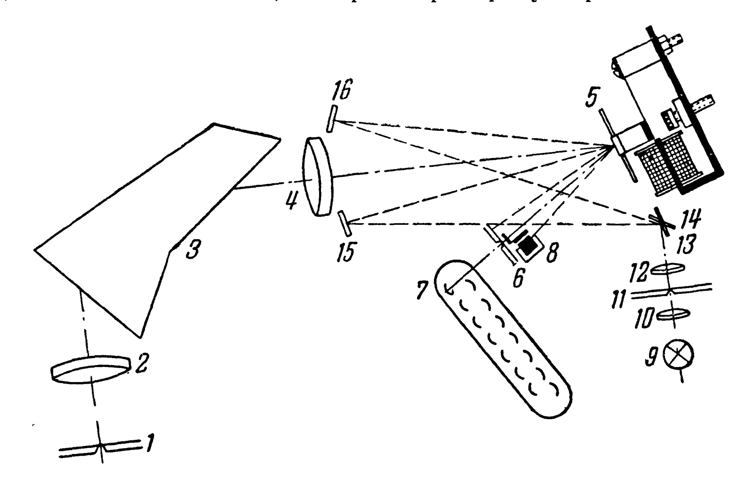


Рис. 2. Схема оптической части электронно-лучевого спектрометра.

световой поток в параллельный пучок лучей и направляет его на грань призмы *3*. Призма разлагает световой поток по длинам волн. Для получения в плоскости выходной щели *6* резкого изображения спектра после призмы установлен объектив *4*. Зеркало развертки спектра, приводимое в колебательное движение при помощи электровибратора *5*, расположено между объективом *4* и выходной щелью *6*. За выходной щелью находится фотоэлектронный умножитель *7*.

Электровибратор с зеркалом развертки спектра и фотоэлектронный умножитель являются звеньями, связывающими оптическую часть с электронной. За время каждого периода напряжения сети спектр проходит по выходной щели четыре раза, так как зеркало развертки спектра делает полный период своего колебательного движения при каж-

дом полупериоде тока в цепи катушки электровибратора. Для получения на экране одного изображения спектральной кривой в цепи электровибратора развертки спектра стоит германиевый диод, пропускающий только одну полуволну напряжения электросети, а световой поток, попадающий на фотоэлектронный умножитель, перекрывается на время обратного хода зеркала при помощи флажка, укрепленного на якоре второго электровибратора *8*, включенного параллельно электровибратору развертки спектра.

Чтобы перекрытие светового потока было только при движении зеркала в одном направлении, между колебаниями якорей электровибраторов должен быть сдвиг по фазе. Этот фазовый сдвиг осуществляется за счет того, что инерция якоря с зеркалом развертки спектра больше, чем инерция якоря с тонким латунным флажком. Если фазовый сдвиг между колебаниями якорей электровибраторов окажется недостаточным, то параллельно электровибратору развертки спектра можно подключить электролитический конденсатор емкостью 50—100 *мкф*. При этом в цепи каждого электровибратора надо поставить отдельный германиевый диод. Полярность при подключении конденсатора согласуется с полярностью германиевого диода в цепи электровибратора. Электровибратор с флажком, перекрывающий световой поток на время обратного хода зеркала, является, таким образом, синхронным темнителем.

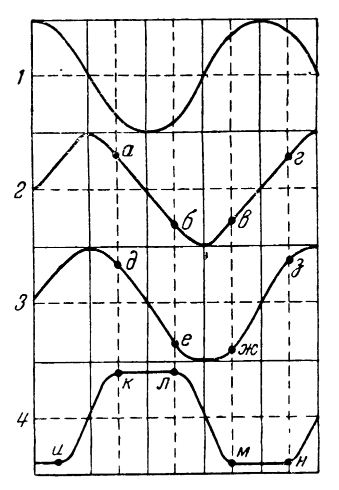


Рис. 3. Графики, поясняющие взаимодействие системы развертки спектра и синхронного темнителя.

Графики, поясняющие взаимодействие системы развертки спектра и синхронного темнителя, изображены на рис. 3. Диаграмма *1* показывает форму напряжения, поступающего на электровибратор с зеркалом развертки спектра и на синхронный темнитель до германиевого диода. Диаграмма *2* изображает колебание зеркала развертки спектра. Из сопоставления диаграмм *1* и *2* видно, что между колебанием зеркала и напряжением питания электровибратора имеется

фазовый сдвиг. Поэтому, если для отклонения луча на экране осциллографа подать непосредственно напряжение, питающее электровибратор, то рабочему участку движения зеркала, приближающемуся по своему характеру к равномерному, будет соответствовать такое движение луча на экране, при котором одна часть спектральной кривой будет накладываться на другую, и вся кривая будет сильно сжата. Такое изображение кривой непригодно для оценки спектральной яркости объекта.

Во избежание этого синусоидальное напряжение для горизонтальной развертки луча подается через фазосдвигающую цепочку RC (на принципиальной схеме рис. 6 цепочка $R_{51}C_{10}$). Фазовый сдвиг устанавливается таким, чтобы рабочему участку движения зеркала развертки спектра соответствовал наиболее прямолинейный участок синусоидального напряжения, управляющего положением луча на экране электронно-лучевой трубки в горизонтальном направлении (см. диаграмму *3*). Из приведенных диаграмм видно, что за один период синусоидального напряжения, питающего электровибратор развертки спектра, спектр дважды проходит по выходной щели прибора и на экране получаются две спектральные кривые. Для того чтобы обе кривые точно совпали друг с другом, требуется иметь электронную схему с очень хорошими переходными характеристиками, что практически осуществить трудно. Поэтому в электронно-лучевых спектрометрах, в которых для развертки спектра применяется реверсивное движение, используется спектральная кривая, соответствующая только одному направлению движения элемента развертки. Это рабочее направление выбирается произвольно.

Действие синхронного темнителя поясняется диаграммой *4*. Участок этой диаграммы *кл* соответствует прохождению светового потока, а на участке *мн* световой поток перекрыт. Чтобы отсечка светового потока была наиболее крутой (см. участки *ик* и *лм* на диаграмме *4*), нужно стремиться сделать отношение амплитуды колебаний флажка, перекрывающего световой поток, к сечению перекрываемого светового пучка, по возможности, наибольшим. Поэтому флажок синхронного темнителя удобно расположить ближе к входной или выходной щели монохроматора, где световой пучок наиболее узкий.

Если участок *кл* диаграммы *4* соответствует прохождению светового потока на приемник лучистой энергии, то участок *аб* на диаграмме *2* является рабочим участком дви-

жения зеркала развертки спектра. На время обратного хода зеркала развертки спектра, соответствующего участку *вг*, исследуемый световой поток перекрыт флажком синхронного темнителя (участок *мн*), и поэтому на экране изображается горизонтальная прямая линия. В описываемом приборе расстояние между флажком и выходной щелью составляет около 2 *мм*.

Применение синхронного темнителя вместо гашения луча на время обратного хода зеркала развертки спектра имеет то существенное преимущество, что на экране получается горизонтальная линия, соответствующая темновому

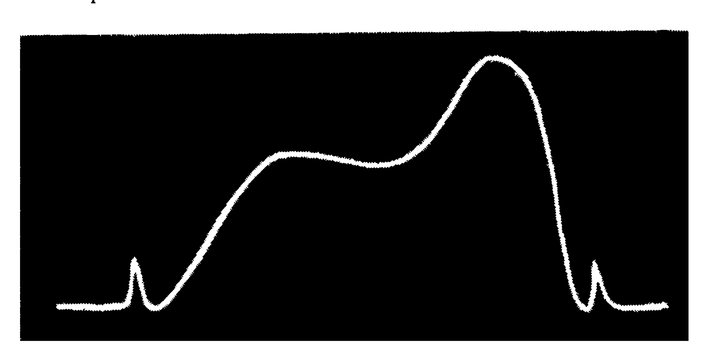


Рис. 4. Спектральная кривая в случае гашения луча на время обратного хода зеркала развертки спектра.

току фотоэлектронного умножителя. Это облегчает количественные измерения на приборе и повышает их точность. На рис. 4 приведен вид спектральной кривой в случае гашения луча на время обратного хода зеркала развертки спектра, а на рис. 5 показана спектральная кривая при перекрывании исследуемого светового потока на время обратного хода зеркала развертки спектра.

Чтобы определить длину волны любой точки спектральной кривой, изображенной на экране электронно-лучевой трубки, в оптической схеме имеется устройство, позволяющее получить на экране за пределами спектральной кривой слева и справа две отметки. Эти отметки жестко привязаны к положению длин волн спектра и дают возможность привести спектральные кривые к одинаковому масштабу по длинам волн. Кроме того, отметки позволяют «привязать» калибровочную шкалу прибора к спектральным кривым и таким образом определить длины волн любых точек спектральной кривой.

Устройство для нанесения отметок (рис. 2) состоит из лампочки накаливания 9 ($Л_{10}$ на принципиальной схеме рис. 6), линз *10* и *12*, щелевидной маски *11*, а также двух зеркал *13* и *14*, расположенных одно над другим и позволяющих делить световой поток на две части и направлять его на зеркала *15* и *16*. Отраженные от этих зеркал световые потоки попадают на зеркало развертки спектра *5*, которое осуществляет их перемещение относительно выходной щели *6*. Щелевидная маска *11* служит для того, чтобы придать изображению светового пятна в плоскости выход-

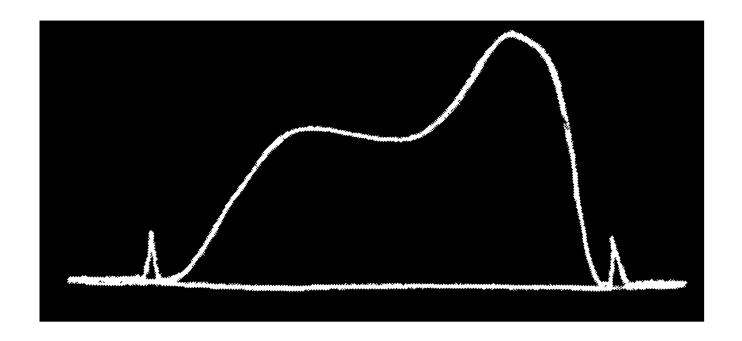


Рис. 5. Спектральная кривая при перекрывании исследуемого светового потока на время обратного хода зеркала развертки спектра.

ной щели *6* форму узкого штриха, при которой электрический сигнал на выходе фотоэлектронного умножителя будет достаточным по величине и коротким по времени. Это обеспечит остроконечные пики на экране электронно-лучевой трубки. Высоту отметок можно регулировать, изменяя реостатом R_{61} напряжение на лампочке *9*.

Электронная схема спектровизора приведена на рис. 6. Она состоит из усилителя вертикального отклонения луча, усилителя горизонтального отклонения луча, стабилизатора напряжения, электронно-лучевой трубки с делителем напряжения и выпрямителя с силовым трансформатором. Ее основным отличием от схемы обычного осциллографа является отсутствие генератора пилообразного напряжения для временной развертки, так как развертка осуществляется за счет напряжения электросети с частотой 50 *гц*.

Усилитель вертикального отклонения луча предназначен для усиления напряжения, снимаемого с нагрузочного со-

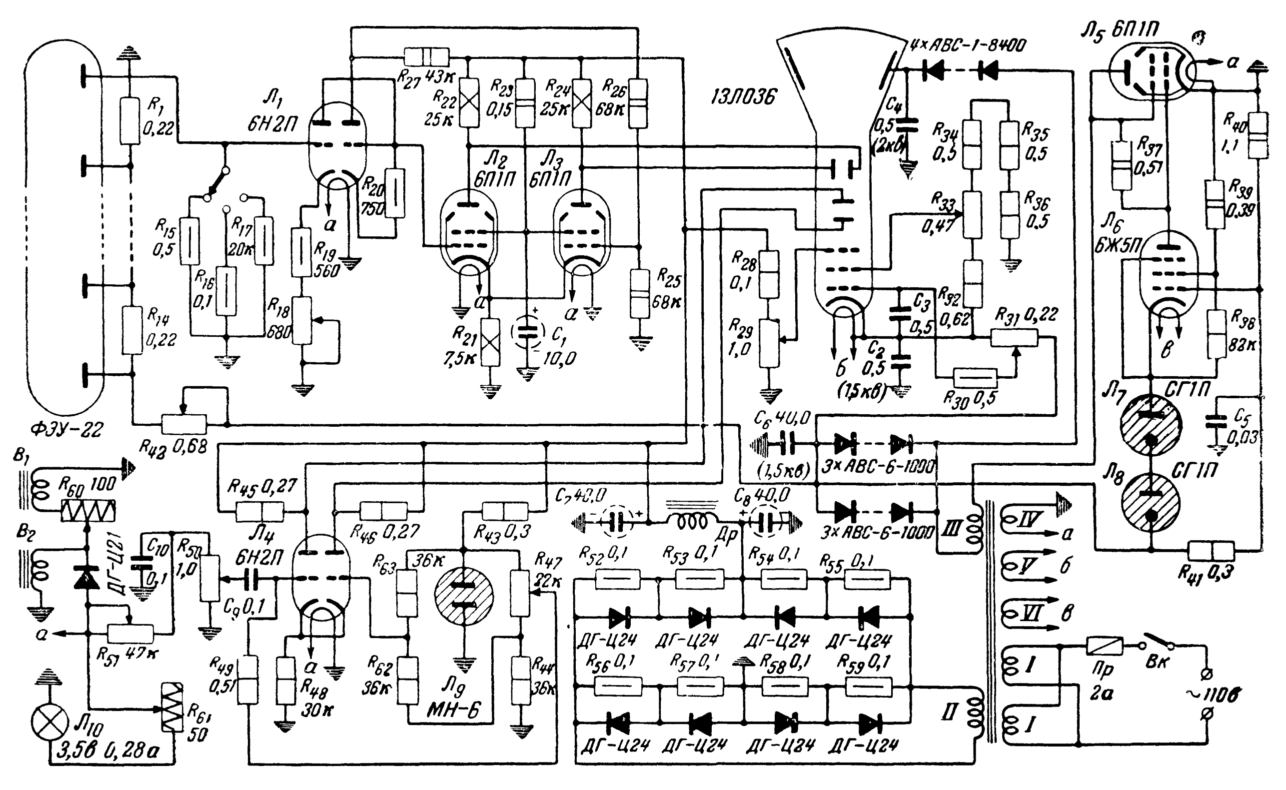


Рис. 6. Принципиальная схема электронной части спектрометра.

противления в цепи анода фотоэлектронного умножителя.

Для устранения ошибок измерений, связанных с переходными процессами в усилителях переменного тока с емкостной связью между каскадами, в описываемом спектровизоре для вертикального отклонения луча применен усилитель постоянного тока, т. е. усилитель с непосредственной связью между каскадами. Это позволяет избавиться от необходимости «привязывать» нулевой уровень сигнала, который в данной схеме остается постоянным независимо от амплитуды усиливаемого сигнала. Для того чтобы уменьшить дрейф усилителя, связанный с изменением напряжения питания и старением ламп, оба каскада усилителя выполнены по балансным схемам. Первый каскад собран по схеме последовательного баланса, а второй—по самоинвертирующейся схеме, т. е. такой схеме, которая обеспечивает на выходе симметричное напряжение относительно второго анода электронно-лучевой трубки, в то время как на ее вход подается несимметричный сигнал.

Нагрузочные сопротивления в цепи анода фотоэлектронного умножителя меняются скачкообразно при помощи переключателя. Величины сопротивлений R_{15}, R_{16} и R_{17} подобраны так, чтобы при переходе с одного диапазона измерений на другой чувствительность прибора изменялась в пять раз. Снимаемое с нагрузочных сопротивлений напряжение поступает на управляющую сетку первой лампы усилителя вертикального отклонения луча. Переменное сопротивление R_{18} в цепи катода этой лампы позволяет производить смещение луча на экране электронно-лучевой трубки, и его ось выведена на лицевую панель. Применение в первом каскаде усилителя схемы последовательного баланса уменьшает нестабильность работы усилителя не только за счет изменений анодного напряжения, но и за счет изменения напряжения накала лампы.

Усилитель горизонтального отклонения луча не содержит каскадов предварительного усиления. Возможность такого упрощения схемы объясняется тем, что величина напряжения, поступающего на его вход, достаточна для требуемого отклонения луча. Поэтому усилитель содержит только одну лампу $Л_4$ типа 6Н2П. Низкие требования к полосе пропускания этого усилителя позволяют поставить большие величины нагрузочных сопротивлений R_{45} и R_{46} в анодных цепях лампы, что значительно уменьшает потребление мощности для питания этого усилителя по сравнению с усилителем вертикального отклонения луча,

полоса пропускания которого должна быть значительно больше. Смещение луча в горизонтальном направлении производится потенциометром R_{47}, при помощи которого изменяется величина постоянного сеточного смещения. Неоновая лампа $Л_9$ типа МН-6 служит для стабилизации напряжения сеточного смещения.

Напряжение для питания фотоэлектронного умножителя подается с электронного стабилизатора через переменное сопротивление R_{42}. При помощи этого сопротивления можно изменять напряжение на фотоэлектронном умножителе и тем самым изменять его светочувствительность, осуществляя, таким образом, плавное регулирование величины отклонения луча на экране в вертикальном направлении.

Стабилизатор напряжения работает на лампах $Л_5$, $Л_6$, $Л_7$ и $Л_8$. В качестве регулирующей лампы использована лампа $Л_5$ типа 6П1П, а в качестве управляющей — лампа $Л_6$ типа 6Ж5П. Стабилитроны $Л_7$ и $Л_8$ типа СГ1П служат для получения опорного напряжения величиной в 300 *в*. Часть выходного напряжения с делителя R_{40}, R_{41} поступает на управляющую сетку лампы $Л_6$.

Принцип действия этого стабилизатора состоит в том, что при изменении напряжения на его выходе изменяется и напряжение на управляющей сетке лампы $Л_6$. В случае, если напряжение на сетке становится более отрицательным, т. е. когда выходное напряжение падает, напряжение на аноде управляющей лампы растет, а также растет напряжение на управляющей сетке регулирующей лампы $Л_5$. Вследствие этого падение напряжения на регулирующей лампе уменьшается и таким образом осуществляется стабилизация. При увеличении выходного напряжения имеет место обратный процесс, т. е. стабилизация происходит за счет увеличения падения напряжения на регулирующей лампе $Л_5$.

Делитель напряжения для питания электронно-лучевой трубки выполнен из последовательно соединенных сопротивлений и потребляет ток около 0,5 *ма*. Потенциометр R_{31} служит для регулировки яркости луча, а потенциометр R_{33} — для фокусировки. В делителе напряжения вместо одного сопротивления в 1,5 *Мом* поставлены три сопротивления R_{34}, R_{35} и R_{36} по 0,5 *Мом* во избежание выхода их из строя вследствие падения на них высокого напряжения.

С целью коррекции астигматизма напряжение на второй анод электронно-лучевой трубки подается с потенциометра R_{29}. Для облегчения изготовления силового трансформа-

тора *Тр* питание электронно-лучевой трубки производится от той же обмотки трансформатора, что и питание фотоэлектронного умножителя. Поэтому напряжение, подаваемое на делитель напряжения электронно-лучевой трубки, также стабилизировано электронным стабилизатором. Напряжение на третий анод трубки подается непосредственно после однополупериодного выпрямления.

Конструкция и детали. Как видно из рис. 1, спектровизор конструктивно оформлен в виде двух отдельных блоков, соединенных между собой кабелями при помощи соответствующих разъемов. Один из этих блоков содержит элементы оптической схемы, включая фотоэлектронный умножитель, электровибратор с зеркалом B_1 и электровибратор с флажком B_2.

В описываемом приборе применены элементы оптической схемы со следующими данными. Входная и выходная щели сделаны из лезвий безопасных бритв; ширина первой щели равна 0,1, а второй 0,3 *мм*. В качестве объективов использованы ахроматические линзы диаметром около 40 *мм*. Фокусное расстояние первого объектива составляет 70, а второго — 210 *мм*. Для получения спектра использована специальная стеклянная призма с постоянным углом отклонения, однако она может быть заменена трехгранной призмой, предназначенной для разложения светового потока в спектр.

В подборе деталей к оптической схеме можно отклоняться от приведенных выше параметров, учитывая, что это не изменит принципиальную схему прибора, а только повлияет на его разрешающую способность и светосилу.

Электровибратор с укрепленным на нем зеркалом развертки спектра изготовляется из стандартного вибропреобразователя типа В-5 или аналогичного другого, как показано на рис. 7. Зеркало *1* нельзя крепить непосредственно на якоре *3* вибратора, так как при своем колебательном движении он значительно изгибается и этот изгиб деформирует плоскую поверхность зеркала. Вследствие этого ход лучей меняется в зависимости от величины и направления изгиба. Поэтому для крепления зеркала сделана легкая стойка *2* из упругой латуни толщиной около 0,12 *мм*, при помощи которой осуществляется соединение якоря электровибратора с зеркалом. Зеркало закрепляется в пазах латунной стойки клеем БФ-2, а латунная стойка крепится на конце якоря при помощи заклепок или припаивается тонким слоем олова.

При изготовлении этого важного элемента спектровизора следует стремиться, по возможности, уменьшить вес его подвижной части. Например, в описываемом приборе использовалось зеркало толщиной около 0,5 *мм*. Оно должно иметь наружное алюминиевое или серебряное покрытие. Размеры зеркала определяются величиной сечения падающего на него светового потока и в нашем случае составляют 15×35 *мм*. Последовательно с катушкой электровибратора включен германиевый диод типа ДГ-Ц21. Такая схема включения электровибратора развертки спектра обеспечивает получение одного периода колебательного движения зеркала за один период напряжения развертки.

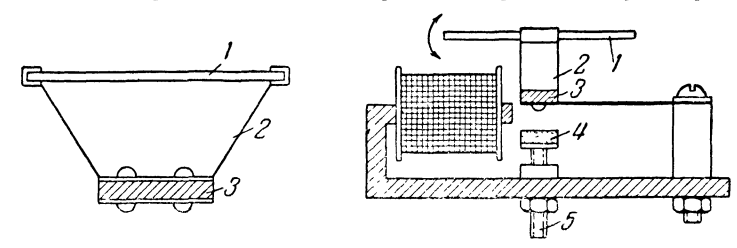


Рис. 7. Устройство электровибратора с зеркалом.

1 — зеркало; *2* — стойка; *3* — якорь; *4* — пористая резина, *5* — регулировочный винт.

Для точной настройки электровибратора в механический резонанс с частотой напряжения электросети имеется регулировочный винт *5* с укрепленным на его конце кусочком пористой резины *4* размерами 5×5×5 *мм*. После настройки электровибратора резьбу винта *5* надо покрыть клеем БФ-2 или масляной краской, так как иначе в процессе работы электровибратора регулировочный винт может изменить свое первоначальное положение и амплитуда колебаний зеркала изменится.

Электровибратор с флажком для перекрывания светового потока на время обратного хода зеркала развертки спектра изготовлен также из вибропреобразователя типа В-5. Для этого к стальной полоске на конце якоря прикрепляется флажок из тонкой и упругой латуни. На рис. 8 показано устройство электровибратора с флажком и его расположение относительно выходной щели. Флажок *2* из тонкой латуни крепится к якорю *1* небольшими заклепками или припаивается тонким слоем олова. Электровибратор устанавливается относительно выходной щели так, чтобы флажок *2* в процессе своего колебательного движения полностью перекрывал выходную щель *3*. Катушка электро-

вибратора *4* не должна мешать попаданию светового потока на выходную щель.

При креплении этого электровибратора следует предусмотреть возможность изменения его положения во время наладки прибора в направлении, перпендикулярном оптической оси, как это показано на рис. 8 стрелкой.

Сопротивления делителя R_1—R_{14} для подачи напряжения питания на эмиттеры ФЭУ-22 смонтированы прямо на панельке фотоэлектронного умножителя. Их величины не должны отличаться друг от друга более чем на 5%. Анод фотоэлектронного умножителя соединяется с входом усилителя вертикального отклонения луча посредством коаксиального кабеля длиной около 0,5 *м*. Следует обратить внимание на хорошую изоляцию провода, по которому подается высокое напряжение для питания фотоэлектронного умножителя.

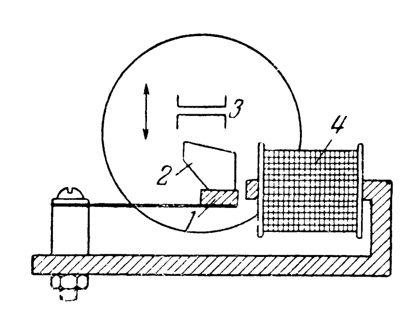


Рис. 8. Устройство электровибратора с флажком.

1 — якорь; *2* — флажок; *3* — выходная щель; *4* — катушка.

Устройство для получения отметок на экране электронно-лучевой трубки состоит из лампочки *9* (см. рис. 2) на напряжение 3,5 *в* и ток 0,28 *а* (лампочка от карманного фонаря), линзы *10* с фокусным расстоянием 40 *мм*, щелевидной маски из лезвий безопасных бритв *11*, имеющей щель шириной около 0,2 *мм*, линзы *12* с фокусным расстоянием 90 *мм* и зеркал *13*, *14*, *15* и *16* величиной 5×10 *мм* с наружным серебрением или алюминированием. Эти зеркала следует крепить с таким расчетом, чтобы их можно было поворачивать при наладке относительно оси, перпендикулярной основанию прибора.

Во втором блоке спектровизора смонтированы перечисленные выше узлы электронной схемы. В приборе применена электронно-лучевая трубка типа 13ЛО36, которая имеет экран, покрытый двумя слоями люминофоров. Один люминофор имеет короткое послесвечение и обладает высокой фотоактиничностью. Второй люминофор имеет длительное послесвечение желтоватого цвета и позволяет наблюдать изображение на экране в течение некоторого времени после окончания излучаемого процесса. В случае отсутствия элек-

тронно-лучевой трубки 13ЛО36 ее можно заменить трубкой типа 13ЛО37, которая имеет зеленое свечение экрана со средним временем послесвечения.

Силовой трансформатор *Тр* собран на сердечнике сечением 10 *см*² из пластин Ш-32. Обмотка *I* состоит из 550+ +550 витков провода ПЭЛ 0,33. При включении в электросеть напряжением 110 *в* обе секции этой обмотки соединяются параллельно, а при напряжении сети 220 *в* секции соединяются последовательно. Обмотка *II* состоит из 2 000 витков провода ПЭЛ 0,18, обмотка *III* — из 7 000 витков ПЭЛ 0,15, обмотка *IV*—из 34 витков ПЭЛ 1,6, обмотка *V* — из 32 витков ПЭЛ 0,6 и обмотка *VI* — из 32 витков ПЭЛ 0,6. Следует обратить особое внимание на изоляцию обмоток *III*, *V* и *VI*, так как они находятся под высоким напряжением относительно шасси.

Дроссель фильтра *Др* содержит 3 000 витков провода ПЭЛ 0,25 и собран на сердечнике из пластин Ш-19. Сердечник имеет сечение 6 *см*² и зазор 0,6 *мм*.

Катодное сопротивление R_{21} и сопротивления анодных нагрузок R_{22} и R_{24} последнего каскада усилителя вертикального отклонения луча должны быть рассчитаны на мощность 10 *вт*.

Панелька электронно-лучевой трубки, оконечные лампы $Л_2$ и $Л_3$ усилителя вертикального отклонения луча, а также лампы $Л_4$ и $Л_9$ усилителя горизонтального отклонения луча располагаются на вертикальном шасси, сделанном из дюралюминия толщиной 2 *мм* и размерами 240×180 *мм*. На этом же шасси расположены переменные сопротивления R_{18} и R_{47} для вертикального и горизонтального смещения луча, а также потенциометры R_{33} и R_{31}, при помощи которых производятся фокусировка и установка требуемой яркости луча. Следует хорошо изолировать от корпуса прибора два последних потенциометра, а также переменное сопротивление R_{42}, так как они находятся под высоким напряжением. Оси потенциометров R_{31}, R_{33} и R_{47} и переменного сопротивления R_{18} удлиняются и ручки управления выводятся, как обычно, на переднюю панель прибора. Силовой трансформатор и дроссель фильтра, а также остальные детали выпрямителей находятся под электронно-лучевой трубкой. Электронно-лучевая трубка и силовой трансформатор во избежание электромагнитных наводок на трубку тщательно экранированы мягкой сталью толщиной 2 *мм*. На рис. 9 показано расположение основных деталей электронной схемы прибора.

Налаживание. При налаживании спектровизора следует обратить особое внимание на развертку спектра.

Электровибратор с зеркалом надо установить так, чтобы при среднем положении зеркала через выходную щель проходил зеленый свет, соответствующий середине перекрываемого спектрального диапазона. После установки электровибратора с зеркалом на него подается напряжение. Изменяя положение регулировочного винта, добива-

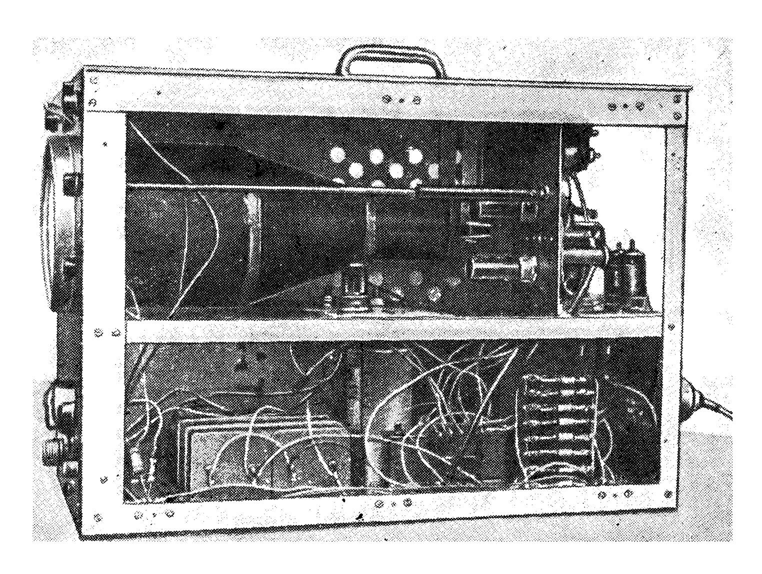


Рис. 9. Расположение основных деталей на шасси электронной части спектрометра.

ются наибольшей амплитуды зеркала. Она получается, когда частота сети соответствует собственной механической частоте подвижной части электровибратора, т. е. когда наступает механический резонанс. Величину амплитуды зеркала можно регулировать при помощи переменного проволочного сопротивления R_{60}. При колебательном движении зеркала спектр должен проходить по выходной щели с некоторым темновым перекрытием, что достигается изменением амплитуды колебаний зеркала. Это необходимо обеспечить для того, чтобы характер движения зеркала в рабочем интервале был, по возможности, близок к равномерному (см. рис. 3).

После того как налажена развертка спектра, устанавливается электровибратор с флажком. Затем оптическая часть прибора закрывается светонепроницаемым кожухом, и только после этого подается высокое напряжение для питания фотоэлектронного умножителя. Перед входной щелью прибора ставится небольшая электрическая лампочка (например, от карманного фонаря) и на экране наблюдается изображение спектральных кривых. Правильным положением электровибратора считается такое, когда световой поток будет перекрываться флажком только на время обратного хода зеркала, т. е. когда вместо одной спектральной кривой на экране будет изображаться горизонтальная линия, а вторая спектральная кризая при этом остается без изменений.

Нужно помнить, что прежде чем открыть светонепроницаемый кожух прибора для изменения положения электровибратора с флажком или какой-либо другой детали при наладке прибора, необходимо выключить напряжение питания фотоэлектронного умножителя во избежание попадания на него чрезмерно большого светового потока.

Для фокусировки оптической части спектровизора и для определения величины сдвига фазы напряжения развертки при помощи R_{51} удобно пользоваться ртутной лампой. Если ее нет, то можно пользоваться люминесцентной лампой искусственного дневного света, в спектре которой также содержатся ртутные линии. Фокусировка прибора начинается с установки в правильное положение относительно входной щели *1* объектива *2* (см. рис. 2). С этой целью перед входной щелью ставится ртутная лампа. Определение правильного положения объектива *2*, т. е. такого положения, при котором входная щель *1* будет находиться в его фокусе, производится при помощи плоского зеркала, которое ставится перпендикулярно оптической оси между объективом *2* и призмой *3*. При этом световой поток, прошедший через входную щель и объектив, отражается от зеркала и снова проходит через объектив в направлении входной щели. Перемещая объектив *2* вдоль по оптической оси, получают наиболее резкое изображение входной щели *1* в ее плоскости. После этого объектив 2 закрепляется и зеркало убирается.

Призма *3* устанавливается в таком положении, чтобы весь световой поток, прошедший через нее и объектив *4*, попал на зеркало развертки спектра *5*. Объектив *4* следует установить так, чтобы в плоскости выходной щели

было наиболее резкое изображение линий ртутного спектра. Ртутный спектр можно использовать также для калибровки прибора по длинам волн. Для этого фотографируют с экрана электронно-лучевой трубки спектральную кривую ртутной дуги.

Для фотографирования удобно использовать фотоаппарат «Зенит» с насадочными кольцами. Удобство фотоаппарата «Зенит» состоит в возможности наводить на резкость по матовому стеклу и одновременно наблюдать попадающее в кадр изображение.

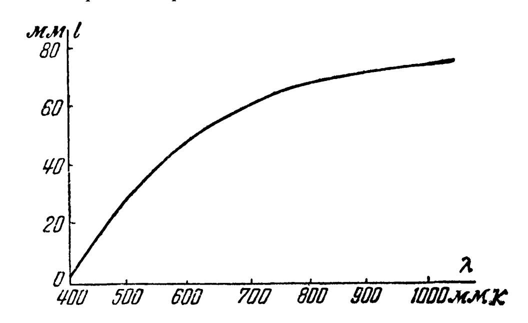


Рис. 10. Калибровочная кривая спектрометра.

Полученный негатив вставляется в увеличитель и на лист белой бумаги проектируется изображение спектральной кривой. Негатив в увеличителе желательно расположить так, чтобы слева изображалась синяя часть спектра, а справа — инфракрасная, т. е. чтобы значения длин волн возрастали, как это обычно принято, слева направо. Затем изображение спектральной кривой обводится на бумаге остро отточенным карандашом и перпендикулярно горизонтальной линии темнового тока проводятся по угольнику прямые, соединяющие ее с вершинами пиков, соответствующих ртутным линиям и левой отметке.

В соответствии с расстояниями между левой отметкой и точками пересечения линии темнового тока с перпендикулярами, проведенными из вершин пиков, строится калибровочная кривая прибора (рис. 10).

Для построения калибровочной кривой на графике по оси абсцисс откладываются длины волн линий ртути, а по оси ординат — соответствующие им расстояния от левой отметки. Из полученных точек восстанавливаются перпендикуляры, точки пересечения которых соединяются между

собой, и, таким образом, получается калибровочная кривая прибора по длинам волн.

Как видно из графика рис. 10, калибровочная кривая не является прямой линией. Объясняется такая нелинейность тем, что дисперсия призмы неодинакова для всех длин волн. Это несколько неудобно, однако устранение подобного недостатка ведет за собой усложнение схемы прибора и в данной конструкции оно не сделано. Чтобы получить линейную шкалу длин волн, можно призму заменить дифракционной решеткой, которая обладает одинаковой дисперсией для всех длин волн.

Согласно калибровочной кривой можно нанести тушью на экране электронно-лучевой трубки горизонтальную линию с поперечными делениями для непосредственного определения длин волн спектральной кривой при ее наблюдении. С этой целью нужно совместить обе отметки на спектральной кривой с соответствующими им делениями, нанесенными на экране тушью, т. е. сделать так, чтобы масштаб по длинам волн спектральной кривой и шкалы был одинаков. Это достигается регулировкой горизонтального усиления прибора потенциометром R_{50} и регулировкой переменных сопротивлений R_{18} и R_{47}, при помощи которых производится горизонтальное и вертикальное перемещение спектральной кривой на экране для совмещения отметок.

Проверку калибровки можно произвести при помощи того же ртутного спектра. При правильном нанесении делений шкалы длин волн на экране электронно-лучевой трубки линии ртутного спектра должны совпасть с соответствующими им длинами волн по нанесенной тушью шкале.

С помощью спектровизора можно производить не только качественные, но и количественные измерения. Отклонения луча в вертикальном направлении на экране электронно-лучевой трубки прямо пропорциональны исследуемому световому потоку, однако спектральная чувствительность фотоэлектронного умножителя неодинакова для всех длин волн. Поэтому при количественных измерениях требуется это учитывать. Для определения коэффициентов спектральной яркости, пропускания или поглощения удобно пользоваться следующим способом.

Световой поток от источника света, при котором производятся измерения, поддерживается постоянным при помощи вольтметра и реостата в цепи его питания. Можно считать при этом, что не только общая величина светового

потока, но и распределение энергии по спектру будет также постоянным. При помощи сопротивлений R_{15}, R_{16}, R_{17}, R_{18}, R_{42} и R_{47} регулируют усиление прибора так, чтобы отметки совпали с соответствующими им делениями на экране и спектральная кривая по высоте составляла примерно $^3/_4$ величины диаметра экрана.

Полученную кривую фотографируют с экрана, принимая ее за кривую образца, имеющего пропускание 100%, если перед входной щелью прибора стоит источник света, или за кривую, соответствующую отражению (яркости) 100%, если перед входной щелью находится эталон отражения (яркости). После этого устанавливается исследуемый объект и фотографируется соответствующая ему спектральная кривая.

По полученным негативам при помощи увеличителя эти кривые обводятся на бумаге так, чтобы отметки эталонной кривой совпадали с отметками на кривых изучаемых объектов.

Чтобы определить коэффициент пропускания, поглощения или отражения изучаемого объекта (в зависимости от условий измерения), следует ординату спектральной кривой объекта для данной длины волны разделить на ординату кривой эталона для той же длины волны. Полученная величина будет представлять собою искомый коэффициент спектрального пропускания (поглощения, отражения). Для ускорения измерений можно обвести на экране трубки тушью спектральную кривую, соответствующую пропусканию 100% или эталону спектральной яркости, и провести вертикальные линии согласно калибровочной кривой по длинам волн.

Эти вертикальные отрезки между линией темнового тока и кривой эталона делятся на десять равных частей и соединяются между собой (рис. 11). Если спектральная кривая эталона яркости (или кривая, соответствующая пропусканию 100%) совпадает с кривой эталона, нанесенной на экране, то спектральные характеристики изучаемого объекта в процентах относительно эталона можно сразу определить по точкам пересечения его кривой с кривыми, нанесенными на экране.

Во многих случаях калибровочную сетку удобнее наносить не на экран трубки, а на кальку и накладывать ее на обрабатываемую кривую изучаемого объекта или прикладывать к экрану трубки.

Для проверки спектровизора на нем производились из-

мерения нейтральных стеклянных фильтров, выпускаемых специально для проверки оптических приборов и снабженных паспортами с их данными. На рис. 12 приведена зависимость между паспортными данными пропускания фильтров T_2, отложенными по оси абсцисс, и результата-

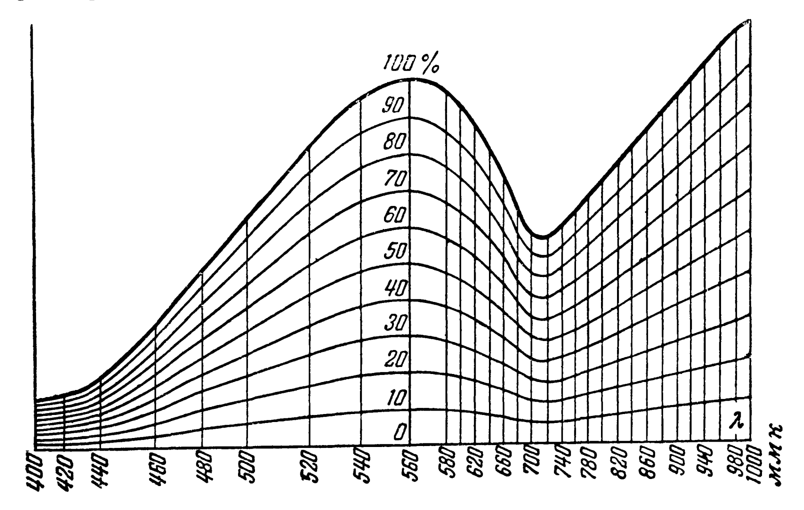


Рис. 11. Спектральные кривые спектрометра.

ми измерений пропускания при помощи спектровизора T_1, которые отложены по оси ординат.

Из приведенного графика видно, что линейность шкалы светового потока спектровизора является вполне удовлетворительной. Точность измерений спектровизора составляет около 2% всей шкалы.

Некоторые применения спектровизора. Как указывалось выше, спектровизор может применяться в целом ряде спектрофотометрических работ. На рис. 13 приведены результаты измерения пропускания стеклянных светофильтров ЖС-17 (кривая *1*), КС-14 (кривая *2*) и пластинки из эбонита (кри-

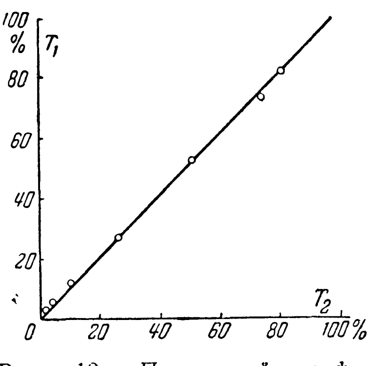


Рис. 12. Поверочный график спектрометра.

вая *3*). Измерения производились следующим образом.

Перед входной щелью прибора ставилась лампочка накаливания на 6 *в* и 0,28 *а*, питаемая от аккумулятора. Усиление спектровизора при этом устанавливалось так, чтобы спектральная кривая источника света занимала по величине примерно $^3/_4$ размера экрана. После этого, не изменяя усиления спектровизора, между источником света (лампочкой) и входной щелью ставились поочередно светофильтры и эбонитовая пластинка. Кривые фотографировались с экрана электронно-лучевой трубки при помощи

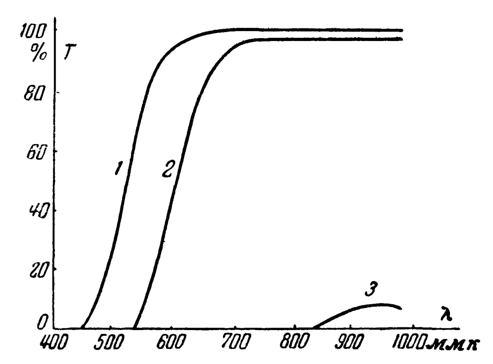


Рис. 13. Кривые пропускания стеклянных светофильтров и эбонитовой пластинки.

аппарата «Зенит» с выдержкой $^1/_{25}$ *сек* при диафрагме *4*. Полученные негативы при помощи увеличителя проектировались на бумагу, обводились карандашом и обрабатывались, как говорилось выше.

На рис. 14 приведены кривые спектральной яркости *r* белого (кривая *1*), красного (кривая *2*) и зеленого (кривая *3*) сатинов, измеренные при помощи спектровизора. Материалы освещались двумя лампами на 127 и 300 *вт*, расположенными на расстоянии 30 *см* от измеряемых объектов. Питание ламп осуществлялось через феррорезонансный стабилизатор напряжения. В качестве эталона спектральной яркости использовалась белая баритовая бумага, относительно которой рассчитаны яркости материалов.

При измерениях в полевых условиях, когда отсутствует сеть переменного тока для питания электровибраторов и для горизонтального отклонения луча на экране электронно-лучевой трубки, можно использовать стандартный звуковой генератор типа ЗГ-10. Питание остальных элементов

электронной схемы удобно производить от аккумуляторов через вибрационный преобразователь постоянного тока в переменный.

Применение описанного прибора, конечно, не ограничивается тремя приведенными примерами. Прибор может

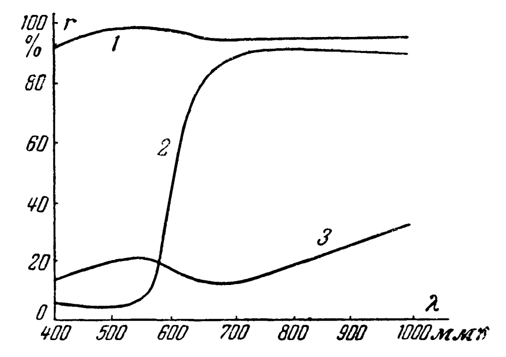


Рис. 14. Кривые спектральной яркости белого, красного и зеленого сатинов.

быть применен для контроля хода реакций в химической промышленности, для изучения многих быстропротекающих процессов, для непрерывного производственного контроля и т. д.

ПРОВОЛОЧНЫЕ ТЕНЗОМЕТРЫ, РАБОТАЮЩИЕ БЕЗ УСИЛИТЕЛЯ

Н. Э. Горевой

Одним из способов измерения динамических деформаций является способ тензометрирования проволочными тензометрами (тензодатчиками), способными отдавать электрическую мощность, достаточную для работы измерительного прибора. С помощью таких тензометров можно производить измерение и осциллографирование быстропротекающих процессов деформаций без применения усилительной аппаратуры (подробнее о тензометрировании говорится в статье «Малогабаритная тензостанция», помещенной в этом сборнике).

При таком способе тензометрирования получение сигнала требуемой мощности осуществляется за счет увеличения

тока в проволочной решетке тензодатчика. Так как плотность тока в проволоке решетки определяется условиями нагрева, а сечение проволоки — сцеплением ее поверхности с клеем, увеличение через тензометр тока достигается соединением параллельных ветвей в тензочувствительной проволочной решетке.

Для записи динамических процессов деформаций чаще всего применяются шлейфные осциллографы с записью на светочувствительных материалах. Записывающим элементом осциллографа служит шлейф (вибратор), который при

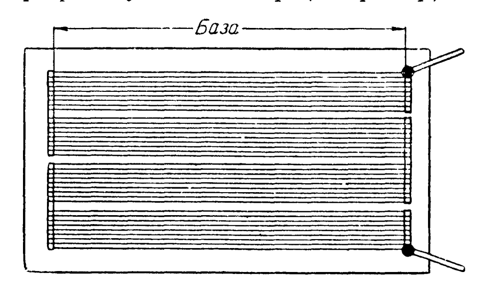


Рис. 1. Устройство проволочного тензометра.

работе потребляет электрическую мощность около 0,1—0,2 *вт*.

Описываемый тензометр представляет собой проволочный датчик сопротивления, имеющий увеличенную базу (длину) и состоящий из нескольких параллельных ветвей проволоки (рис. 1).

Тензометр с базой 100 *мм* и с девятью параллельными ветвями константановой проволоки диаметром 0,05 *мм* имеет сопротивление около 10 *ом*. Такие тензометры могут работать в мостовой схеме с применением шлейфов, имеющих сопротивление около 10 *ом*; например, со шлейфом VIII группы осциллографа типа МПО-2 или «Сименс».

Величина тока, протекающего через тензометр, обусловлена температурой его нагрева, которая, в свою очередь, зависит от отдачи тепла тензометром в окружающую среду. При благоприятных условиях охлаждения наклеенного тензометра, т. е. при работе в условиях низкой окружающей температуры, в охлаждающей жидкости или при измерениях на материалах, обладающих высокой теплопроводностью и теплоемкостью, ток в описываемых тензометрах может доходить до 0,6 *а*. В этом случае нагрев

по отношению к окружающей среде обычно не превышает 8—10° С. Рабочая температура для тензометров зависит от термопластических свойств клея, которым приклеена проволочная решетка.

Способ намотки тензометров виден из рис. 2. Намотка ведется на раздвижной металлической пластине *1* толщиной 8—10 и длиной 700—800 *мм*. На такой пластине наматывается до 30—35 шт. тензометров. Перед установкой в намоточный станок (может использоваться токарный станок) пластина обматывается бумагой *3* обычно типа

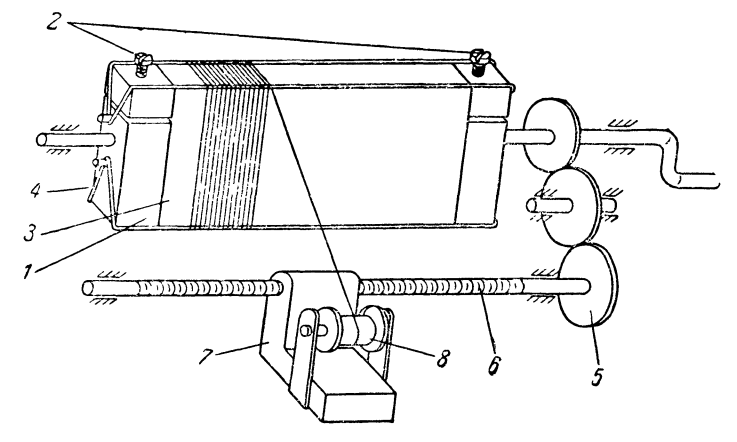


Рис. 2. Способ намотки тензометра.

пергамина толщиной около 40 *мк*. Края бумаги склеиваются на плоскости, образующей толщину пластины, и винтами *2* ей создается нужное натяжение. По граням пластины на бумагу натягиваются шины *4* из медной луженой проволоки диаметром 0,2—0,3 *мм*. Шаг намотки, равный примерно 0,4 *мм*, задается подбором передачи *5*, вращающей ходовой винт *6*. При вращении пластины константановая проволока разматывается с катушки *8* и укладывается перемещающейся кареткой *7*.

По окончании намотки места перегиба константановой проволоки на шинах пропаиваются оловом с применением флюса ЛТИ-120. Возможно применение и канифольных флюсов, однако такая пайка не всегда обеспечивает надежное соединение олова с константаном. Бумажная подложка с лежащей на ней проволокой покрывается слоем клея БФ-4, БФ-2, целлулоидного или какого-либо другого

клея, применяющегося для изготовления и приклейки проволочных тензометров.

После этого освобождаются шины, и вдоль плоскости, образующей толщину пластины, проволока с бумагой разрезается. Полученная лента разрезается на отдельные полоски, содержащие по 40—45 параллельно включенных константановых проволок.

Шины разрезаются на отдельные участки, образуя последовательно соединенные группы из параллельных константановых проволок (рис. 1). К крайним частям шины подпаиваются выводы из мягкого многожильного провод .

Вместо раздвижной пластины можно применять цилиндр. Это упрощает способ намотки, но при этом несколько снижается качество тензометров. Намотанные и проклеенные на цилиндре тензометры после просушки сохраняют форму дуги. При наклейке на деталь такой тензометр выпрямляется, а это часто приводит к отклеиванию или обрыву проволоки решетки, образованию складок и трещин в слое клея и бумажной подложке.

Аналогично наматываются и тензометры на клеевой пленке. При этом пластина покрывается не бумагой, а триацетатной пленкой, и на нее предварительно наносится 1—2 слоя клея с просушкой. Дальнейший процесс изготовления аналогичен описанному.

Намотанные подобным способом тензометры нечувствительны к поперечной деформации, так как тензочувствительная решетка не имеет закруглений.

ПРИБОР ДЛЯ ПОДСЧЕТА ПОРОКОВ ПРЯЖИ

Э. Э. Беркуль

Важное место в общем комплексе испытаний пряжи занимает подсчет внешних пороков (узелков, непропрядок и т. д.) . Количество пороков, приходящееся на определенную длину пряжи, является одним из основных показателей при определении сортности. Наряду с этим увеличение количества пороков, как правило, сигнализирует о неполадках в процессе прядения, и своевременное обнаружение таких неполадок может предотвратить массовый выпуск низкосортной продукции.

Поэтому подсчет пороков должен проводиться достаточно быстро и объективно.

Однако широко используемый в настоящее время метод, по которому пряжа наматывается на черную доску и подсчет пороков производится на глаз, ни в коей мере не удовлетворяет этим требованиям. Число подсчитанных на одном и том же участке пряжи пороков существенно зависит от индивидуальных способностей, навыка и заинтересованности лица, производящего подсчет. Скорость подсчета низка, поэтому подсчет обычно ведется на небольших отрезках пряжи, а затем результат пересчитывается на длину 1 000 *м*. Полученное путем такого пересчета число пороков не может правильно отражать качества пряжи в силу неравномерности распределения пороков по длине. Недостатком метода является также то, что при подсчете на черной доске сильно утомляется зрение работницы. Приходится делать частые перерывы в работе, а это еще более снижает производительность труда.

Не могут полностью удовлетворять современным требованиям и приборы, использующие при подсчете принцип механического воздействия пряжи на подвижную систему, связанную с отчетным устройством. Скорость счета у таких приборов принципиально не может быть высокой вследствие инерции подвижной системы, а пропуски «рыхлых» пороков имеют место даже при малой скорости движения нити через прибор.

Автором совместно с инж. Н. Н. Юрковым разработан и внедрен на Ленинградской прядильно-ткацкой фабрике «Октябрьская» новый прибор для подсчета пороков пряжи. Такой прибор дает возможность производить объективный подсчет количества пороков на участке пряжи любой длины. Он может регистрировать пороки, превышающие любой заданный уровень. Скорость счета доходит до 200 равномерно распределенных пороков в секунду. Это означает, что при скорости движения пряжи через прибор 0,5 *м/сек* минимальное расстояние между двумя раздельно регистрируемыми пороками равно 0,25 *см*. Для пряжи, имеющей малую степень засоренности, скорость прохождения нити через прибор может быть более высокой. Прибор предназначается для работы с обычным лабораторным мотовилом, приводимым во вращение от электродвигателя и снабженным приспособлением для автоматического останова после пропускания заданной длины. Управление прибором сравнительно несложно и доступно работнице, не имеющей специальной подготовки.

Принцип действия прибора. Действие прибора базиру-

ется на преобразовании светового потока, в котором движется испытуемая нить, в электрические сигналы, управляющие работой отсчетного механизма. Преобразование осуществляется с помощью фотоэлемента. Оптическая схема прибора приведена на рис. 1, а его электрическая схема дана на рис. 2.

Постоянный световой топок создается лампой-осветителем *Л*. Часть его, ограниченная щелевой диафрагмой, попадает через рассеивающее матовое стекло на фотоэлемент *ФЭ*. Количество света, достигающее фотоэлемента, зависит от среднего диаметра участка пряжи, находящегося против щели. Длина участка определяется шириной щели, которая выбирается в зависимости от минимального размера порока по длине. Например, опытом установлено, что для пряжи № 40—120 ширину щели целесообразно устанавливать примерно равной 0,8 *мм*.

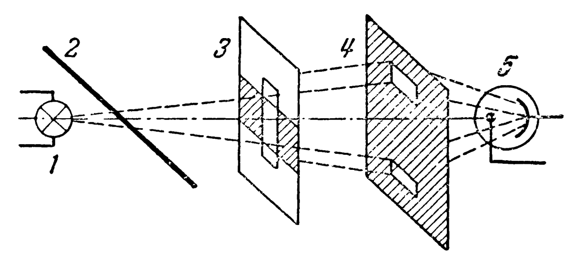


Рис. 1. Схема оптической части прибора для подсчета пороков пряжи.

1 — лампа-осветитель; *2* — испытуемая нить; *3* — диафрагма; *4* — рассеивающее матовое стекло; *5* — фотоэлемент.

При освещении фотоэлемента напряжение на его нагрузочном сопротивлении R_2 пропорционально величине падающего светового потока. Прохождение утолщенного участка пряжи непосредственно за участком, имеющим номинальный диаметр, свойственный данному номеру, приводит к появлению на сопротивлении R_2 импульса напряжения, пропорционального разности диаметра утолщения и номинального диаметра. Ввиду крайне малой мощности непосредственно использовать этот импульс для приведения в действие счетчика не представляется возможным. Поэтому импульс подвергается усилению.

Прибор имеет один каскад усиления. Для улучшения амплитудной характеристики этого каскада в нем использована отрицательная обратная связь по току. В цепь ано-

4*

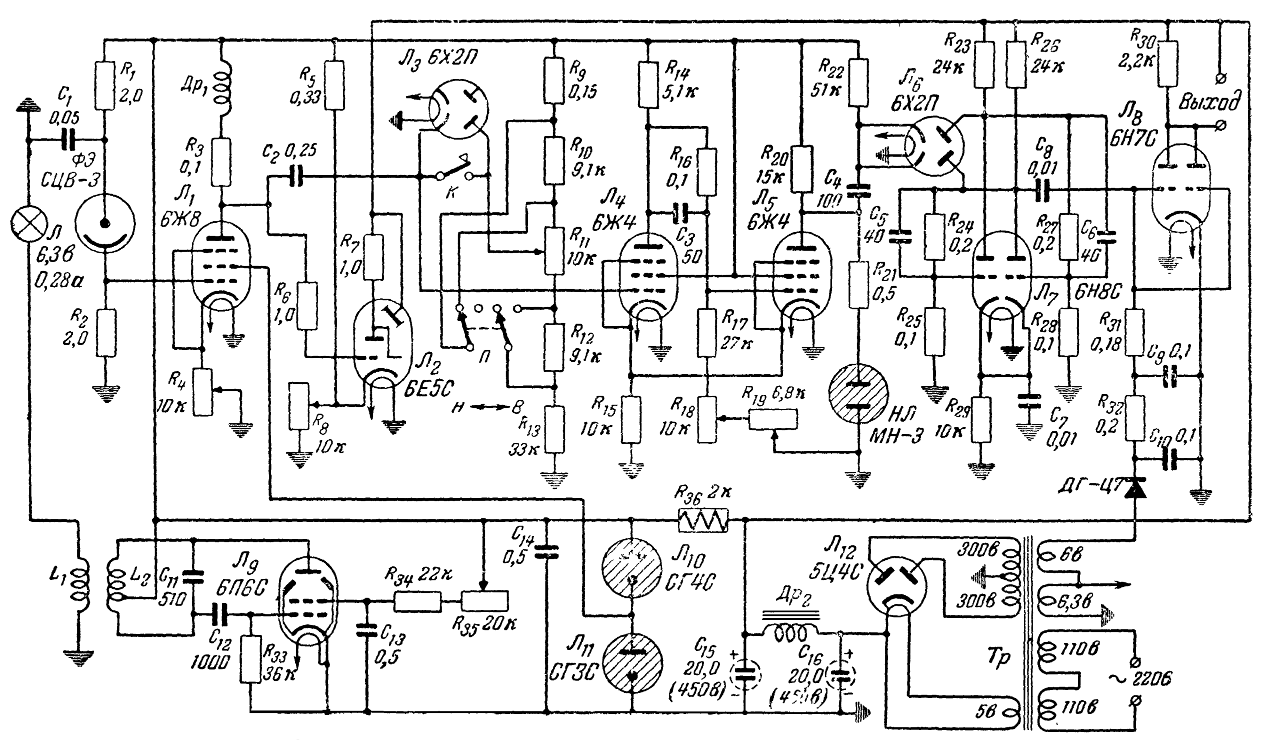


Рис. 2. Принципиальная схема прибора для подсчета пороков пряжи.

да лампы $Л_1$ введен корректирующий дроссель $Др_1$, расширяющий полосу пропускаемых частот до 20 *кгц*. Расширение полосы пропускания необходимо для неискаженного усиления импульсов с малой длительностью, вызванных прохождением коротких пороков при больших скоростях движения пряжи.

Каскад на лампе $Л_1$ используется также в качестве усилителя постоянного напряжения для электронно-оптического индикатора $Л_2$, служащего для контроля правильности установки накала лампы-осветителя. Режим индикатора подбирается с помощью переменного сопротивления R_8 так, чтобы при нормальном накале теневой сектор на экране полностью исчезал.

Усиленный и перевернутый по фазе импульс поступает на вход амплитудного дискриминатора с регулируемым порогом срабатывания, роль которого сводится к тому, чтобы по амплитуде импульса определить, является ли данное утолщение пороком, т. е. превышает ли диаметр утолщения заданный уровень. В дискриминаторе используются лампы $Л_4$ и $Л_5$.

До поступления импульса лампа $Л_4$ заперта за счет протекания катодного тока лампы $Л_5$ через сопротивление R_{15}. Если амплитуда входного импульса превышает величину порога срабатывания, то лампа $Л_4$ отпирается и напряжение на ее аноде падает. Так как анод лампы $Л_4$ связан с сеткой лампы $Л_5$, напряжение на последней также падает. При этом происходит уменьшение тока через эту лампу и возрастание анодного тока лампы $Л_4$. Этот процесс протекает лавинообразно и заканчивается полным запиранием лампы $Л_5$. Напряжение на ее аноде скачкообразно возрастает, что отмечается зажиганием сигнальной неоновой лампы *НЛ* на передней панели прибора, условно названной «Индикатор уровня». Схема остается в таком состоянии до тех пор, пока длится входной импульс, после чего все процессы идут в обратном порядке и напряжение на аноде лампы $Л_5$ снова падает до начального значения. Если же амплитуда входного импульса ниже порога срабатывания, схема на него не реагирует.

Регулировка порога срабатывания достигается изменением постоянного потенциала сетки лампы $Л_4$. Этот потенциал задается делителем напряжения, составленным из сопротивлений R_9, R_{10}, R_{12}, R_{13} и потенциометра R_{11}, и может изменяться в пределах, соответствующих максимально допускаемым диаметрам утолщений. Рукоятка

потенциометра R_{11}, с помощью которого осуществляется плавное изменение потенциала, выведена на переднюю панель под названием «Установка уровня» и снабжена лимбом с делениями.

Для повышения точности установки заданного значения шкала диаметров разбивается на две части: высокие номера *В* и низкие номера *Н*. Переключение осуществляется при помощи переключателя *П*, выведенного на переднюю панель прибора.

На переднюю панель прибора выводится также рукоятка переменного сопротивления R_{19} («Установка нуля»), служащая для корректировки начального положения шкалы «Установка уровня».

Диод $Л_3$ фиксирует постоянный потенциал сетки лампы $Л_4$ на уровне, задаваемом потенциометром R_{11}. Быстрое установление этого потенциала достигается кратковременным нажатием кнопки *К*.

Положительные прямоугольные импульсы с анода лампы $Л_5$ поступают на каскад пересчета. Схема этого каскада построена так, что анодный ток проходит только через какую-либо одну половину лампы $Л_7$, другая половина в это время заперта. Образовавшийся в результате прохождения заднего фронта прямоугольного импульса через дифференцирующую цепочку с малой постоянной времени (конденсатор C_4 и сопротивление R_{22}) отрицательный остроконечный импульс через двойной диод $Л_6$ попадает на анод запертой половины лампы $Л_7$. Схема скачком переходит в новое состояние, в котором проводящая до этого половина лампы запирается, а запертая становится проводящей. Такое состояние продолжается до прихода следующего импульса, который возвращает схему в исходное состояние.

Таким образом, если рассматривать любую из двух (например, правую) половин лампы, то ее первоначальное состояние возобновляется не с каждым приходящим импульсом, а через один импульс, и число импульсов на выходе получается вдвое меньшим, чем на входе. Это дает возможность вдвое повысить число импульсов, регистрируемых в 1 *сек*, а следовательно, без ущерба для точности счета увеличить скорость движения нити через прибор. Для получения истинного числа пороков показания счетчика необходимо умножать на 2.

Выходные импульсы с анода правой половины лампы $Л_7$ поступают на сетку оконечной лампы $Л_8$, в анодную

цепь которой (на выход) включается обмотка электромеханического счетчика импульсов СБ-1 м/100. Параметры и режим лампы оконечного каскада подобраны исходя из условий формирования импульсов, необходимых для нормальной работы счетчика, согласно его техническим данным. Напряжение смещения лампы $Л_8$ получается за счет выпрямления диодом ДГ-Ц7 суммарного напряжения обмотки накала ламп и дополнительной обмотки на 6 *в*.

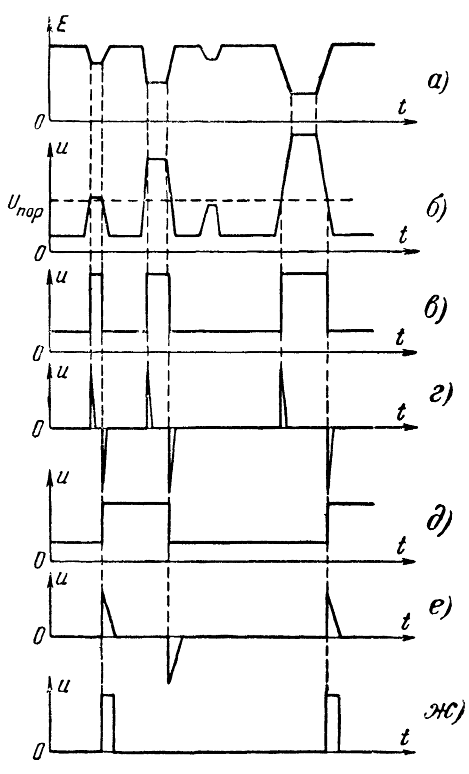


Рис. 3. Графики, поясняющие работу прибора.

а — освещенность фотоэлемента; *б* — напряжение на управляющей сетке лампы $Л_4$ и пороговое напряжение дискриминатора; *в* — напряжение на аноде лампы $Л_5$; *г* — напряжение на катоде лампы $Л_6$; *д* — напряжение на правом аноде лампы $Л_7$; *е* — напряжение на сетке лампы $Л_8$; *ж* — напряжение на выходе (на обмотке счетчика).

На рис. 3 приведены идеализированные временные диаграммы, дающие наглядное представление о работе прибора.

Большое значение для правильной работы всей схемы имеет стабильность питающих напряжений и, в особенности, напряжения накала лампы-осветителя *Л*. Поэтому для питания последней используется высокочастотное напряжение от специального генератора на лампе $Л_9$, анодное напряжение которой стабилизировано стабилитронами $Л_{10}$ и $Л_{11}$. Питание накала лампы-осветителя непосредственно переменным напряжением от трансформатора недопустимо, так как световой поток из-за недостаточной инерции нити лампы будет пульсировать с частотой 100 *гц*, что внесет искажения в работу прибора. Регулировка накала лампы-освети-

теля осуществляется изменением напряжения на экранирующей сетке лампы $Л_9$ переменным сопротивлением R_{35}. Рукоятка его выведена на переднюю панель под названием «Накал лампы».

Помимо генератора высокой частоты, стабилизированным напряжением питаются анодные и экранные цепи усилителя и амплитудного дискриминатора, а также фотоэлемент. Остальные каскады прибора питаются нестабилизированным напряжением.

Выпрямитель собран по обычной двухполупериодной схеме. Ввиду того, что в условиях фабрик напряжение электросети подвержено значительным колебаниям, прибор включается через дополнительный феррорезонансный стабилизатор напряжения типа СТ-250, выпускаемый промышленностью. Полная мощность, потребляемая прибором от электросети, около 100 *вт*.

Конструктивное оформление. Прибор смонтирован на горизонтальном шасси и вертикальной передней панели из алюминия. Шасси вставляется в кожух и крепится четырьмя винтами, служащими одновременно для крепления резиновых ножек. К лицевой стороне передней панели крепится устройство для пропускания испытуемой пряжи, смонтированное на отдельной плате. Оно включает в себя шесть направляющих роликов, диафрагму и патрон для лампы-осветителя, укрепленный с учетом возможности его перемещения в любом направлении. На переднюю панель также выведены рукоятки управления прибором и контрольные индикаторы, снабженные соответствующими их назначению надписями.

На горизонтальном шасси (сверху) размещены лампы, силовой трансформатор *Тр*, конденсаторы фильтра C_{15} и C_{16}, проволочное сопротивление R_{36} и фотоэлемент, закрытый металлической крышкой, предохраняющей его от посторонней засветки и воздействия внешних электрических полей. Роль рассеивающего матового стекла играет обработанная мелким наждаком поверхность колбы фотоэлемента.

На шасси также выведены рукоятки переменных сопротивлений R_4, R_8 и R_{19}, служащие для регулировки прибора при смене ламп. Монтаж прибора произведен с нижней стороны шасси.

Счетчик импульсов подсоединяется к прибору гибким шнуром в резиновом шланге длиной около 1 *м*. Гнезда

для подсоединения счетчика расположены с задней стороны прибора.

Размеры прибора 380×290×210 *мм*, вес 10,5 *кГ*. Внешний вид прибора приведен на рис. 4, а расположение его деталей на шасси показано на рис. 5.

Градуировка прибора и работа с ним. Чтобы иметь возможность устанавливать прибор на заданный мини-

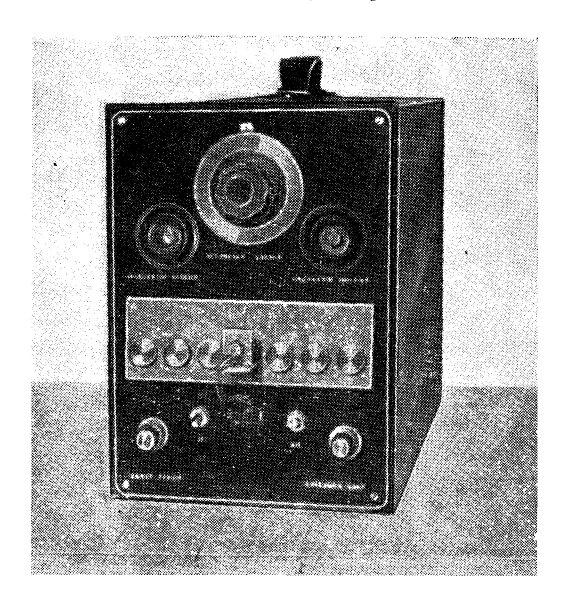


Рис. 4. Внешний вид прибора для подсчета пороков пряжи.

мальный размер порока, шкала потенциометра R_{11} («Установка уровня») градуируется в миллиметрах. Для этой цели применяется набор отрезков проволоки различных диаметров (от 0,1 *мм* и выше), укрепленных на специальных оправках. Диаметр проволок должен быть предварительно точно измерен с помощью измерительного микрометра. Градуировка проводится в следующей последовательности.

1. Потенциометром R_{15} («Накал лампы») устанавливается нормальный накал лампы-осветителя. Светлые секторы на экране индикатора накала при правильной установке накала должны сойтись, но не перекрывать друг друга.

2. Корректируется нулевое положение лимба установки уровня. Для этого лимб устанавливается на нуль, а переключатель *П* в положение *В*, в котором замыкается сопротивление делителя R_{12}. Потенциал сетки лампы $Л_4$ при этом становится наибольшим. Далее с помощью переменного сопротивления R_{19} («Установка нуля») амлитудный дискриминатор доводится до срабатывания, что отме-

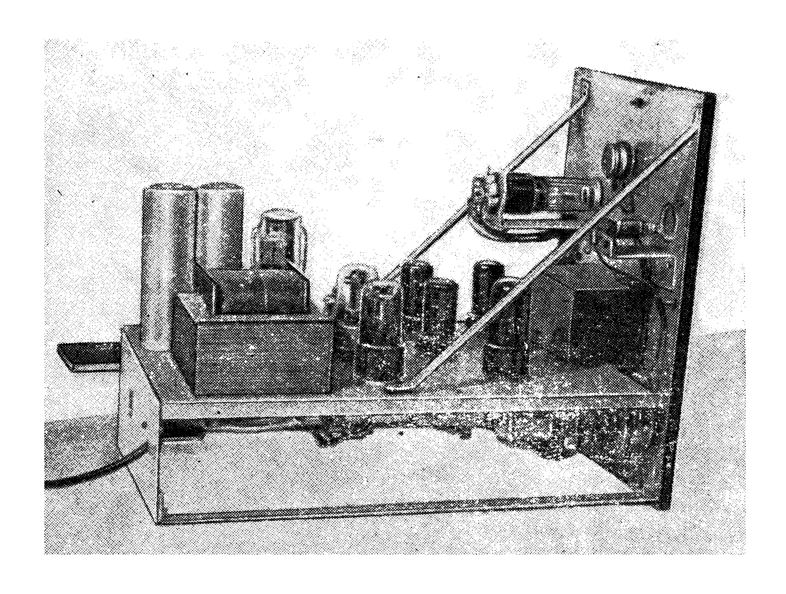


Рис. 5. Расположение деталей на шасси прибора.

чается зажиганием сигнальной лампы *НЛ* («Индикатор уровня»). Вращение рукоятки «Установка нуля» начинается из положения, при котором сигнальная лампа не горит, и прекращается при ее зажигании.

3. Потенциометр R_{11} устанавливается на наибольшее деление по лимбу, а переключатель *П*—в положение *Н*, т. е. в положение, когда дискриминатор срабатывает только в случае наибольшей амплитуды входных импульсов. После кратковременного нажатия кнопки *К* в световой поток несколько раз вносится проволока с наибольшим диаметром. Одновременно лимб поворачивается в сторону меньших делений до тех пор, пока при внесении проволоки в световой поток не начнет зажигаться сигнальная лампа *НЛ*, после чего вращение прекращается, а деление лимба

записывается. Далее в световой поток вносятся поочередно все проволоки в порядке уменьшения диаметра, и для каждой из них записывается деление лимба, соответствующее положению, при котором лампа начинает зажигаться. Когда лимб будет проградуирован до конца, он вновь переводится на наибольшее деление, а переключатель *П*— в положение *В*, и градуировка продолжается.

4. По полученным данным строится график, на котором по одной оси откладываются значения диаметров, а по другой—соответствующие им деления лимба.

Градуировка производится при налаживании прибора, а также при смене ламп $Л_1$, $Л_2$, $Л_4$, $Л_5$, фотоэлемента *ФЭ* и лампы-осветителя *Л*.

Работа с прибором начинается с установки нормального накала лампы-осветителя и корректировки нуля, проводимых в описанном выше порядке. Далее, зная номинальный диаметр, соответствующий номеру проверяемой пряжи, и задаваясь минимальным диаметром пороков, из графика находится нужное положение рукоятки «Установка уровня» и переключателя *П*. Затем пряжа заправляется в ролики и после нажатия кнопки *К* и установки циферблатов счетчика на нуль мотовило приводится во вращение. После пропускания требуемой длины пряжи определяется истинное количество пороков, для чего показания шкал счетчика умножаются на 2. При переходе на испытание другого номера пряжи достаточно только переставить лимб на соответствующее деление.

Прибор экспонировался на 13-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов.

МАЛОГАБАРИТНАЯ ТЕНЗОСТАНЦИЯ

Н. Э. Горевой

Одной из задач техники измерения и исследования механических величин является измерение быстропротекающих процессов деформаций в конструкциях, деталях машин и материалах. Эти измерения используются при конструировании машин и оценке качества их работы. Для преобразования деформаций в электрический сигнал в большинстве случаев используются проволочные тензометры.

Проволочный тензометр представляет собой ряд петель уложенной зигзагообразно тонкой высокоомной проволоки, вклееной между двумя полосками бумаги. К концам этой проволоки припаиваются оловом или привариваются электросваркой медные выводы. Тензометр приклеивается к испытываемой конструкции, детали или образцу. При их деформации от механических нагрузок высокоомная проволока тензометра деформируется вместе с материалом, воспринимающим нагрузку. Вследствие этого изменяются геометрические размеры и физические свойства проволоки, а следовательно, и сопротивление тензометра. Измерение деформации сводится к измерению этого изменения сопротивления каким-либо предназначенным для этой цели прибором. Линейная зависимость изменения сопротивления приклеенной проволоки от исследуемой деформации (в пределах величины относительной деформации 2—3%) позволяет установить прямую связь между механическими напряжениями, возникающими в конструкции, и показаниями прибора.

Тензометры чаще всего включаются по схеме четырехплечевого балансного моста постоянного или переменного тока. К одной диагонали моста подводится напряжение питания, а с другой снимается напряжение сигнала, возникающее при разбалансе моста от изменения сопротивления тензометра.

Большая точность и стабильность преобразования деформации в электрический сигнал при малых размерах и весе обусловили широкое использование проволочных тензометров в технике измерения самых разнообразных механических величин.

Обладая рядом достоинств, тензометры имеют существенный недостаток—малую чувствительность. Напряжение сигнала преобразователя (датчика), построенного на использовании проволочных тензометров, составляет тысячные доли вольта. Для усиления этого сигнала до величины, необходимой для записи осциллографом, применяются тензометрические усилители.

Одновременное измерение деформаций в нескольких точках в условиях подвижных объектов связано с необходимостью применения раздельного многоканального усиления и специальной тряскоустойчивой аппаратуры. Таким прибором является описанная ниже малогабаритная тензостанция для проволочного тензометрирования (рис. 1).

Тензостанция имеет три раздельных взаимозаменяемых

канала усиления и задающий генератор несущей частоты, помещенные в общем стальном корпусе. К такому трехканальному блоку тензостанции может подключаться еще приставка, состоящая из четырех аналогичных каналов. Таким образом, комплект тензостанции с приставкой позволяет измерять до семи одновременно протекающих процессов.

Из-за нестабильности электронных усилителей постоянного тока в описываемой тензостанции питание мостов

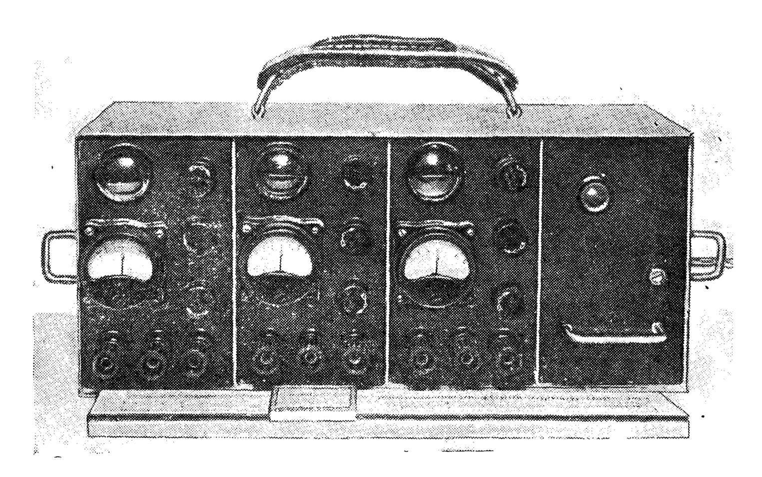


Рис. 1. Внешний вид малогабаритной тензостанции.

с тензометрами осуществляется переменным током с несущей частотой. Этот ток после модуляции его изменением сопротивления тензометров поступает в усилители переменного тока. Для демодуляции использованы кольцевые фазочувствительные детекторы, выходной ток которых для записи подается на вибраторы осциллографа.

Значение несущей частоты тензостанции выбрано равным 2000 *гц*, что обеспечивает работу в диапазоне измеряемых частот деформаций от 0 до 200—250 *гц*. Выходной ток составляет 25 *ма*.

Тензостанция предназначена для работы с вибраторами IV и V групп осциллографа типа МПО-2, но возможно применение и других осциллографов, имеющих вибраторы с сопротивлением около 6 *ом*.

Вход каналов рассчитан на работу с проволочными тензометрами, имеющими сопротивление от 50 до 400 *ом*.

Так как тензометры и соединительные провода являются половиной равновесного моста переменного тока, то для балансировки активной и реактивной составляющих сопротивления в каждом канале имеются регуляторы, служащие для компенсации разницы между подключаемыми тензометрами с проводами по активному сопротивлению не более 0,5 *ом*, а по емкости не более 500 *пф*.

Питание тензостанции может осуществляться от любого стабилизированного выпрямителя или батарей.

Принципиальная схема тензостанции. Схема одного канала трехканального усилителя и задающего генератора приведена на рис. 2. Каждый канал представляет собой трехкаскадный усилитель напряжения, работающий на двух триодах лампы $Л_1$ типа 6Н2П и одном триоде лампы $Л_2$ типа 6Н1П. Первые два каскада собраны по реостатной схеме, а третий каскад является усилителем мощности.

Как уже говорилось, схема входа канала представляет собой четырехплечевой мост, состоящий из двух измерительных тензометров, наклеиваемых на исследуемую деталь, и сопротивлений R_5 и R_6, помещенных в канале усилителя.

Балансировка активной составляющей сопротивления входного моста осуществляется потенциометром R_3, а реактивной составляющей—потенциометром R_1 и конденсатором C_1. Напряжение питания измерительного моста подается от трансформатора $Тр_2$ на зажимы входа, расположенные на передней панели канала. При соответствующем изменении данных деталей цепей балансировки R_2, R_4, C_1 и изменении режима питания измерительной цепи могут применяться как тензометры с другим сопротивлением, так и принципиально другие датчики, например емкостные, индуктивные и т. д.

Сопротивление электротарировки R_7, включаемое кнопкой K с передней панели во входную схему, служит для определения коэффициента усиления канала.

Включение этого сопротивления создает разбаланс входного моста, и на сетку лампы первого каскада усилителя подается тарировочный сигнал определенной величины. Этот сигнал эквивалентен сигналу одного тензометра при измерении деформации 0,0083%.

Определение величины сигнала электротарировки может производиться сравнением его с известным сигналом тензометра, наклеенного на тарировочной балочке.

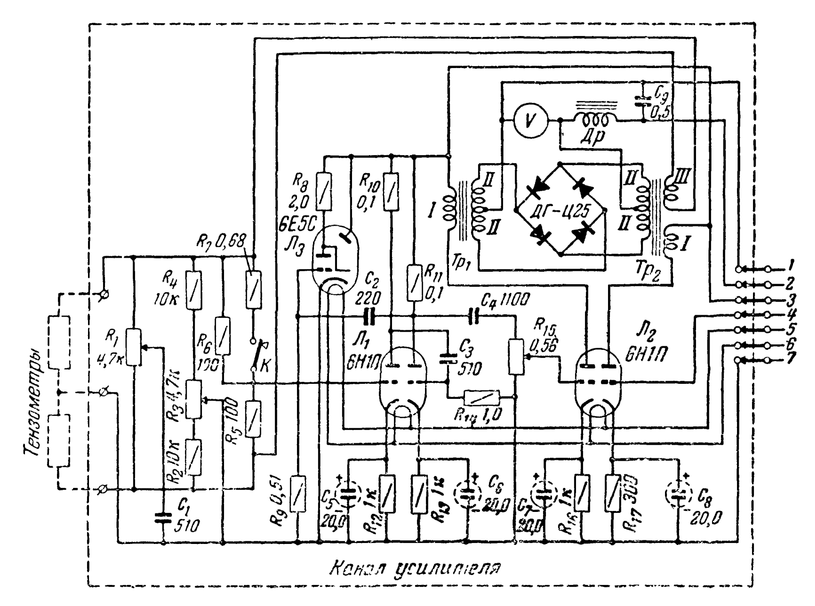


Рис. 2. Принципиальная

Узнав величину деформации балочки, можно получить масштаб разбалансировки в единицах деформации или напряжения исследуемого материала.

Для удобства контроля работы и настройки тензостанции каждый канал снабжен своим балансирующим и контрольным устройством. Контроль баланса сопротивления измерительного моста ведется по расположенным на передней панели электронному индикатору настройки $Л_3$ типа 6Е5С и стрелочному прибору *V* типа М-63 с нулем в середине шкалы.

Стрелочный прибор служит указателем величины и полярности постоянной составляющей выходного напряжения. При балансе активной и реактивной составляющих сопротивления измерительного моста сектор индикатора $Л_3$ полностью раскрыт, а стрелка прибора стоит на нуле.

В качестве детекторов применены германиевые диоды типа ДГ-Ц25, но возможно использовать также селеновые вентили. Дроссель *Др* собран на сердечнике из пластин Ш-12 при толщине пакета 14 *мм* и содержит 140 витков провода ПЭЛ 0,51. Трансформатор $Тр_1$ имеет такой же сердечник. Его обмотка *I* состоит из 2 100 витков провода

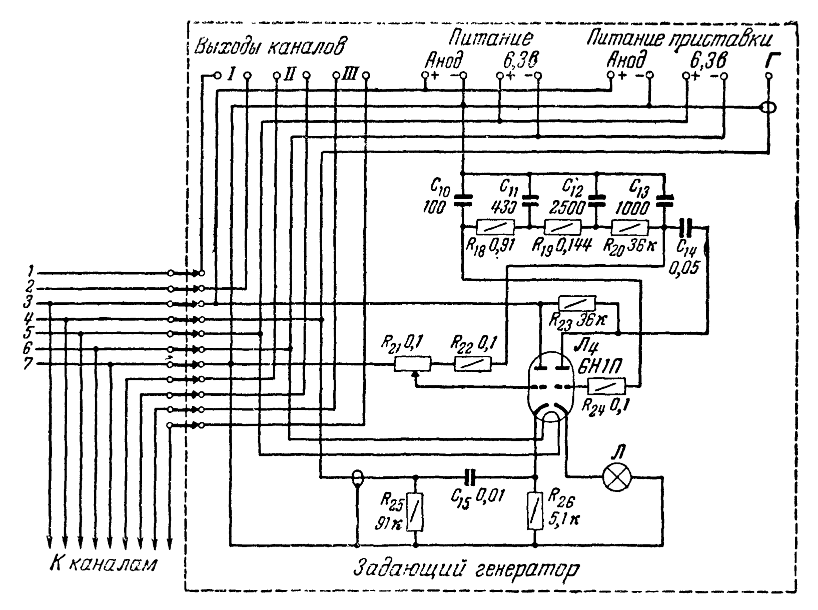


схема тензостанции.

ПЭЛ 0,12, а обмотка *II* — из 2×30 витков ПЭЛ 0,33. Трансформатор Tp_2 выполнен на сердечнике из пластин Ш-16 при толщине пакета 16 *мм*. Обмотка *I* этого трансформатора состоит из 1 800 витков провода ПЭЛ 0,12, обмотка *II*—из 2×22 витков ПЭЛ 0,33 и обмотка *III*—из 30 витков ПЭЛ 0,5. Все постоянные сопротивления в приборе взяты типа ВС на мощность рассеяния 0,25 *вт*, а переменные сопротивления применены типа СП-1 на мощность 1 *вт*.

Фильтр низших частот на выходе усилителя предназначен для задержки всех возникающих при детектировании колебаний более высоких частот. Емкость конденсатора C_9 и индуктивность дросселя *Др* подобраны так, что завал частотной характеристики фильтра начинается на частоте около 200 *гц*.

Задающий *RC*-генератор несущей частоты собран на правом (по схеме) триоде лампы $Л_4$. Для регулировки амплитуды выходного напряжения служит переменное сопротивление R_{21}. В генераторе осуществлена автоматическая стабилизация амплитуды генерируемого напряжения нелинейным сопротивлением в цепи катода лампы.

В качестве нелинейного сопротивления служит осветительная лампочка $Л$ типа СМ-31.

Второй триод (левый) лампы $Л_4$ служит катодным повторителем, обеспечивающим постоянство нагрузки генератора. Напряжение несущей частоты с катодного повторителя через конденсатор C_{15} подается по соединительным кабелям на сетку правого триода лампы $Л_2$, служащего усилителем мощности переменного тока несущей частоты, питающего канал.

Конструктивное оформление тензостанции. Блоки приборов, состоящие из каналов усиления и задающих генераторов, выполнены в виде стальных сварных корпусов с петлями для подвески и крепления во время испытаний на объектах. Габариты трехканального блока тензостанции с задающим генератором или четырехканальной приставки равны 320×150×140 *мм*. Вес каждого блока около 9 *кГ*.

Все соединительные провода, идущие к прибору и внутри него, выполнены в виде кабелей с разъемами на концах и заключены в металлические оплетки. Монтаж каналов выполнен многожильным проводом с хлорвиниловой изоляцией. С целью повышения вибростойкости тензостанции провода монтажа связаны в жгуты и проклеены.

Надежность работы приборов, работающих на подвижных объектах и испытывающих сильную тряску, определяется качеством изготовления и крепления всех деталей, а также качеством электрического монтажа.

Описанная малогабаритная тензостанция была испытана на вибростойкость с режимом тряски 12,5 g и частотой 25 *гц*, а также использовалась на испытаниях подвижных объектов в условиях ударов, создающих ускорение до 9 g, не внося искажений в запись измеряемого процесса.

Редактор *Ю. Д. Маноев* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в пр-во 15/VI 1959 г. Подписано к печати 25/VIII 1959 г.
Формат бумаги 84×108 1/32 3,28 п. л. 3,7 уч.-изд. л.
Т-09370 Тираж 38 000 Цена 1 р. 50 к. Зак. 361

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Цена 1 р. 50 к.